



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA Y LA HUMEDAD DETERMINADA CON SENSORES ELECTRÓNICOS EN SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR: Marco Israel Martínez Inca

TUTOR: Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún

AMBATO – ECUADOR

Marzo – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA Y LA HUMEDAD DETERMINADA CON SENSORES ELECTRÓNICOS EN SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Marco Israel Martínez Inca, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1805020433, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Marco Israel Martínez Inca, con C.I. 1805020433, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA Y LA HUMEDAD DETERMINADA CON SENSORES ELECTRÓNICOS EN SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



Marco Israel Martínez Inca
C.I. 1805020433
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



Marco Israel Martínez Inca
C.I. 1805020433
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Marco Israel Martínez Inca de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA HUMEDAD GRAVIMÉTRICA Y LA HUMEDAD DETERMINADA CON SENSORES ELECTRÓNICOS EN SUELOS GRANULARES DEL CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.


Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman

Ing. Mg. Fidel Alberto Castro Solórzano
Miembro Calificador

Ing. Mg. Byron Genaro Cañizares Proaño
Miembro Calificador

DEDICATORIA

 El presente va dirigido a mi familia, ya que son el aliento para mi desarrollo académico y espiritual. Para mi Padres Hernán y Piedad por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda incondicional. Se me ha otorgado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para lograr mis objetivos.

A mis hermanos Javier y Patricia, fuente inagotable de complicidad y motivación, para lograr vencer todo límite y ser así mejor cada día.

A mis queridos compañeros, que me apoyaron y permitieron formar parte de su vida a lo largo de esta preparación académica, como lo es la Ingeniería Civil: Juan Pablo, Lenin, Danny, Ronald, Jonathan, Alejandro, Gabby ...

Además, un agradecimiento infinito por la hermandad formada a lo largo de mi vida, fuente de energía en diversos momentos como la salud, enfermedad, alegría, tristeza, estudio, festejo. Y que continúe brindándonos muchas más vivencias al compartir esta gran amistad: José Luis, Roberth, Alejandra, Danny, Ronald, Alejandro, Jonathan, Gabby ...

Finalmente, quiero dedicar esta investigación a mis abuelitos y abuelitas, Francisco, Piedad, Segundo y María Soledad, aunque no tuve la dicha de conocerlos en el caso de mis abuelitos y que no hace mucho ya no puedo ver a mi abuelita María Soledad, siempre caminan conmigo apoyándose en cada paso que debo dar y serán siempre la inspiración más grande de mi vida por todos sus logros alcanzados.

Marco

AGRADECIMIENTO



Con gran afecto, el presente trabajo de investigación va dirigido con una expresión de gratitud a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a la Carrera de Ingeniería Civil, a su distinguido cuerpo Docente y a quienes colaboraron en forma desinteresada para la realización del presente trabajo.

De manera muy especial al Ing. Mg. Favio Portilla, Tutor del proyecto, quién con sus conocimientos supo guiarme eficazmente para conseguir la meta trazada, resalto la calidad profesional del mismo y su fuerte compromiso para la preparación y formación de excelentes profesionales.

Definitivamente, este nuevo logro es gracias a mis Padres Hernán y Piedad; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable. Quisiera agradecer a ustedes mis padres, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar y que ante todo siempre me brindan su bendición, previa a mi salida al mundo, al partir de mi Hogar.

Marco

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii

B. CONTENIDOS

CAPITULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
1.1.3.1. El suelo y sus fases.....	4
1.1.3.2. El agua en el suelo.....	6
1.1.3.3. Investigación del suelo en campo	6
1.1.3.3.1. Muestreo.....	6
1.1.3.3.2. Muestras alteradas	7
1.1.3.3.3. Muestras inalteradas	7
1.1.3.3.4. Muestras integrales.....	7
1.1.3.3.5. Muestreo vs. ensayos.....	7
1.1.3.4. Métodos: determinar la humedad del suelo	8
1.1.3.4.1. Métodos directos	8

1.1.3.4.2. Métodos indirectos	13
1.1.3.5. Propiedades índice del suelo	15
1.1.3.5.1. Contenido de humedad.....	15
1.1.3.5.2. Densidad en sitio	16
1.1.3.5.3. Densidad seca máxima	17
1.1.3.5.4. Granulometría.....	17
1.1.3.5.4.1. Clasificación del suelo por el tamaño de las partículas.....	18
1.1.3.5.4.2. La curva granulométrica.....	21
1.1.3.5.4.3. Diámetros y coeficientes característicos	22
1.1.3.5.5. Humedad óptima	24
1.1.3.5.6. Coeficiente de permeabilidad.....	25
1.1.3.5.7. Proctor modificado	26
1.1.3.6. Sensores	28
1.1.3.6.1. Clasificación.....	28
1.1.3.6.2. Características	31
1.1.3.7. Sensores eléctricos de humedad.....	32
1.1.3.7.1. Tipos de sensores de humedad	32
1.1.3.7.1.1. Sensor de resistencia eléctrica.....	32
1.1.3.7.1.2. Sensor capacitivo.....	33
1.1.4. HIPÓTESIS	33
1.2. OBJETIVOS	34
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
CAPÍTULO II	35
METODOLOGÍA	35
2.1. MATERIALES Y EQUIPOS	35
2.2. MÉTODOS	44
A. NIVEL EXPERIMENTAL	44
B. NIVEL EXPLORATORIO	44
C. NIVEL DESCRIPTIVO	44
D. NIVEL EXPLICATIVO	44
E. NIVEL ANALÍTICO	44

POBLACIÓN	45
MUESTRA.....	48
2.2.1. PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
2.2.2. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	51
MÉTODOS PARA DETERMINACIÓN DE CORRELACIONES MÚLTIPLES	52
a. Correlación lineal múltiple	53
b. Correlación múltiple de tipo logarítmica.....	54
c. Correlación múltiple de tipo potencial.....	55
d. Correlación múltiple de tipo exponencial.....	56
CAPÍTULO III.....	57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	57
3.1.1. PROPIEDADES ÍNDICE	57
3.1.1.1. Densidad de campo	57
3.1.1.2. Granulometría	59
3.1.1.3. Límites de Atterberg	61
3.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	62
3.1.3. PROPIEDADES MECÁNICAS	66
3.1.3.1. Proctor.....	66
3.1.4. NOMENCLATURA	68
3.1.4.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio.....	69
3.1.5. CORRELACIONES.....	71
3.1.5.1. Correlaciones simples	75
3.1.5.2. Correlaciones múltiples.....	95
3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	104

CAPÍTULO IV	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
4.1. CONCLUSIONES.....	105
4.2. RECOMENDACIONES	108
C. MATERIALES DE REFERENCIA	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS.....	113
ANEXO A: CORRELACIONES.....	113
CORRELACIONES SIMPLES	113
CORRELACIONES MÚLTIPLES.....	138
ANEXO B: ENSAYOS.....	145
ANEXO C: REGISTRO Y LEVANTAMIENTO DE DATOS	225
HUMEDAD NATURAL – SENSOR RESISTIVO & CAPACITIVO	225
HUMEDAD PROMEDIO – SENSOR RESISTIVO Y CAPACITIVO	233

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. Método del tacto (0 – 75).....	11
TABLA II. Método del tacto (75 – 100).....	12
TABLA III. Compacidades máxima y mínima de suelos granulares	17
TABLA IV. Algunos Sistemas de Clasificación en varios países.....	18
TABLA V. Sistemas de clasificación de los suelos por su tamaño (mm) (Jiménez Salas, 1975).....	19
TABLA VI. Tamaños y designación de tamices ASTM.....	20
TABLA VII. Coeficiente de permeabilidad, k en cm/s (Escala Logarítmica).....	26
TABLA VIII. Tipos y especificaciones de los ensayos Proctor.	27
TABLA IX. Tipos de sensores acordes a la función de aplicación.....	31
TABLA X. Materiales y equipos.....	35
TABLA XI. Ubicación de calicatas.	48
TABLA XII. Plan de recolección de información.	49
TABLA XIII. Rango cualitativo del coeficiente de determinación.	52
TABLA XIV. Formato para cálculo de correlación lineal múltiple.....	53
TABLA XV. Sistema de ecuaciones de correlación lineal múltiple.	53
TABLA XVI. Formato para cálculo de correlación logarítmica múltiple.	54
TABLA XVII. Sistema de ecuaciones de correlación logarítmica múltiple.....	54
TABLA XVIII. Formato para cálculo de correlación potencial múltiple.....	55
TABLA XIX. Sistema de ecuaciones de correlación potencial múltiple.....	55
TABLA XX. Formato para cálculo de correlación exponencial múltiple.....	56
TABLA XXI. Sistema de ecuaciones de correlación lineal múltiple.....	56
TABLA XXII. Resumen propiedades índice.....	57
TABLA XXIII. Resumen propiedades índice.	58
TABLA XXIV. Resumen granulometría.	59
TABLA XXV. Resumen granulometría.....	60
TABLA XXVI. Resumen límites de Atterberg.....	61
TABLA XXVII. Resumen clasificación AASHTO – SUCS.....	62
TABLA XXVIII. Resumen Proctor.....	66
TABLA XXIX. Resumen Proctor.....	67
TABLA XXX. Nomenclatura y unidades.	68
TABLA XXXI. Tabla resumen de las propiedades del suelo.	69

TABLA XXXII. Tabla resumen de las propiedades del suelo.....	70
TABLA XXXIII. Correlaciones simples y múltiples – Análisis e interpretación.	71
TABLA XXXIV. Correlaciones simples y múltiples – Anexos.	72
TABLA XXXV. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 1.	145
TABLA XXXVI. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 2.....	146
TABLA XXXVII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 3.	147
TABLA XXXVIII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 4.....	148
TABLA XXXIX. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 5.....	149
TABLA XL. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 6.	150
TABLA XLI. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 7.....	151
TABLA XLII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 8.	152
TABLA XLIII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 9.	153
TABLA XLIV. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 10.....	154
TABLA XLV. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 11.	155
TABLA XLVI. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 12.....	156
TABLA XLVII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 13.	157
TABLA XLVIII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 14.....	158
TABLA XLIX. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 15.....	159
TABLA L. Granulometría – Pozo 1.....	160
TABLA LI. Granulometría – Pozo 2.	161
TABLA LII. Granulometría – Pozo 3.....	162
TABLA LIII. Granulometría – Pozo 4.	163
TABLA LIV. Granulometría – Pozo 5.	164
TABLA LV. Granulometría – Pozo 6.	165
TABLA LVI. Granulometría – Pozo 7.	166
TABLA LVII. Granulometría – Pozo 8.....	167
TABLA LVIII. Granulometría – Pozo 9.	168
TABLA LIX. Granulometría – Pozo 10.	169
TABLA LX. Granulometría – Pozo 11.....	170
TABLA LXI. Granulometría – Pozo 12.	171
TABLA LXII. Granulometría – Pozo 13.....	172
TABLA LXIII. Granulometría – Pozo 14.	173
TABLA LXIV. Granulometría – Pozo 15.....	174
TABLA LXV. Densidad de campo – Pozo 1.....	175

TABLA LXVI. Densidad de campo – Pozo 2.	176
TABLA LXVII. Densidad de campo – Pozo 3.	177
TABLA LXVIII. Densidad de campo – Pozo 4.	178
TABLA LXIX. Densidad de campo – Pozo 5.	179
TABLA LXX. Densidad de campo – Pozo 6.	180
TABLA LXXI. Densidad de campo – Pozo 7.	181
TABLA LXXII. Densidad de campo – Pozo 8.	182
TABLA LXXIII. Densidad de campo – Pozo 9.	183
TABLA LXXIV. Densidad de campo – Pozo 10.	184
TABLA LXXV. Densidad de campo – Pozo 11.	185
TABLA LXXVI. Densidad de campo – Pozo 12.	186
TABLA LXXVII. Densidad de campo – Pozo 13.	187
TABLA LXXVIII. Densidad de campo – Pozo 14.	188
TABLA LXXIX. Densidad de campo – Pozo 15.	189
TABLA LXXX. Límites de Atterberg – Pozo 1.	190
TABLA LXXXI. Límites de Atterberg – Pozo 2.	191
TABLA LXXXII. Límites de Atterberg – Pozo 3.	192
TABLA LXXXIII. Límites de Atterberg – Pozo 4.	193
TABLA LXXXIV. Límites de Atterberg – Pozo 5.	194
TABLA LXXXV. Límites de Atterberg – Pozo 6.	195
TABLA LXXXVI. Límites de Atterberg – Pozo 7.	196
TABLA LXXXVII. Límites de Atterberg – Pozo 8.	197
TABLA LXXXVIII. Límites de Atterberg – Pozo 9.	198
TABLA LXXXIX. Límites de Atterberg – Pozo 10.	199
TABLA XC. Límites de Atterberg – Pozo 11.	200
TABLA XCI. Límites de Atterberg – Pozo 12.	201
TABLA XCII. Límites de Atterberg – Pozo 13.	202
TABLA XCIII. Límites de Atterberg – Pozo 14.	203
TABLA XCIV. Límites de Atterberg – Pozo 15.	204
TABLA XCV. Proctor modificado – Pozo 1.	205
TABLA XCVI. Proctor modificado – Pozo 2.	206
TABLA XCVII. Proctor modificado – Pozo 3.	207
TABLA XCVIII. Proctor modificado – Pozo 4.	208
TABLA XCIX. Proctor modificado – Pozo 5.	209

TABLA C. Proctor modificado – Pozo 6.....	210
TABLA CI. Proctor modificado – Pozo 7.	211
TABLA CII. Proctor modificado – Pozo 8.....	212
TABLA CIII. Proctor modificado – Pozo 9.	213
TABLA CIV. Proctor modificado – Pozo 10.....	214
TABLA CV. Proctor modificado – Pozo 11.....	215
TABLA CVI. Proctor modificado – Pozo 12.....	216
TABLA CVII. Proctor modificado – Pozo 13.....	217
TABLA CVIII. Proctor modificado – Pozo 14.	218
TABLA CIX. Proctor modificado – Pozo 15.....	219
TABLA CX. Permeabilidad – Pozo 1.....	220
TABLA CXI. Permeabilidad – Pozo 2.	221
TABLA CXII. Permeabilidad – Pozo 5.....	222
TABLA CXIII. Permeabilidad – Pozo 6.	223
TABLA CXIV. Permeabilidad – Pozo 12.....	224
TABLA CXV. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 1.	225
TABLA CXVI. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 2.....	225
TABLA CXVII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 3.	226
TABLA CXVIII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 4.....	226
TABLA CXIX. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 5.....	227
TABLA CXX. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 6.	227
TABLA CXXI. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 7.....	228
TABLA CXXII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 8.	228
TABLA CXXIII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 9.....	229
TABLA CXXIV. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 10.....	229
TABLA CXXV. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 11.....	230
TABLA CXXVI. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 12.....	230
TABLA CXXVII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 13.	231
TABLA CXXVIII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 14.....	231
TABLA CXXIX. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 15.....	232
TABLA CXXX. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 1.	233
TABLA CXXXI. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 2.....	234
TABLA CXXXII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 3.	235
TABLA CXXXIII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 4.....	237

TABLA CXXXIV. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 5.....	239
TABLA CXXXV. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 6.	240
TABLA CXXXVI. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 7.....	242
TABLA CXXXVII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 8.	244
TABLA CXXXVIII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 9.....	246
TABLA CXXXIX. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 10.....	248
TABLA CXL. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 11.	250
TABLA CXLI. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 12.....	252
TABLA CXLII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 13.	254
TABLA CXLIII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 14.....	256
TABLA CXLIV. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 15.....	258
TABLA CXLV. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 1 a 4.	259
TABLA CXLVI. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 5 a 8.....	260
TABLA CXLVII. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 9 a 12.	261
TABLA CXLVIII. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 13 a 15.	262

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Constitución del suelo (Glez. de Vallejo et al.).....	5
Fig. 2 Fases principales en un suelo. Nomenclatura de volúmenes (a la izda) y de pesos (dcha).	6
Fig. 3 Diagrama de un indicador de humedad de neutrones (sonda de neutrones).....	9
Fig. 4 Diagrama de un tensiómetro.....	13
Fig. 5 Sondas de humedad del suelo TDR Pico.....	14
Fig. 6 Algunos tamices utilizados en el proceso de tamizado.	20
Fig. 7 Curva granulométrica acumulativa en escala semilogarítmica (Jiménez Salas, 1975).	21
Fig. 8 Fracciones granulométricas y curva granulométrica de un suelo (Bañón y Beviá).....	22
Fig. 9 Definición de D_{10} , D_{30} y D_{60}	23
Fig. 10 Interpretación de las curvas granulométricas (Bañón y Beivá).	24
Fig. 11 Curva de compactación obtenida del ensayo Proctor modificado.....	24
Fig. 12 Clasificación atendiendo a su funcionamiento.	28
Fig. 13 Clasificación atendiendo a la señal que proporcionan.....	29
Fig. 14 Sensores atendiendo a la naturaleza de funcionamiento.....	30
Fig. 15 Sensores atendiendo a los elementos de fabricación.	30
Fig. 16 Sensor de humedad de suelo YL – 69.	33
Fig. 17 Sensor capacitivo V1.0.....	33
Fig. 18 Pozo a cielo abierto.	36
Fig. 19 Densidad de campo (Método del cono y arena de Ottawa).....	37
Fig. 20 Permeabilidad (Método de Lefranc: Somera de flujo variable descenso).....	37
Fig. 21 Proctor modificado Tipo B.....	38
Fig. 22 Proctor modificado Tipo B.....	38
Fig. 23 Contenido de humedad.	39
Fig. 24 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor resistivo).	39
Fig. 25 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor resistivo).	40
Fig. 26 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor resistivo).	40
Fig. 27 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor capacitivo).	41
Fig. 28 Contenido de humedad (Proctor modificado Tipo B – Sensor resistivo).....	41
Fig. 29 Contenido de humedad (Proctor modificado Tipo B – Sensor resistivo).....	42
Fig. 30 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor capacitivo).	42

Fig. 31 Contenido de humedad (Proctor modificado Tipo B – Sensor resistivo).....	43
Fig. 32 Rangos granulométricos de muestras ensayadas.....	60
Fig. 33 Carta de plasticidad con muestras ensayadas.....	63
Fig. 34 Suelos en las parroquias según AASHTO.....	64
Fig. 35 Suelos en las parroquias según SUCS.....	65
Fig. 36 Correlación W (%) vs. Wnat SR.....	75
Fig. 37 Correlación W (%) vs. Wnat SC.....	76
Fig. 38 Correlación γ_m (g/cm ³) vs. Wnat SR.....	77
Fig. 39 Correlación γ_d (g/cm ³) vs. Wnat SR.....	78
Fig. 40 Correlación G (%) vs. Wnat SR.....	79
Fig. 41 Correlación S (%) vs. Wnat SR.....	80
Fig. 42 Correlación F (%) vs. Wnat SR.....	81
Fig. 43 Correlación k (cm/s) vs. Wnat SR.....	82
Fig. 44 Correlación k (cm/s) vs. Wnat SR.....	83
Fig. 45 Correlación LL (%) vs. Wnat SR.....	84
Fig. 46 Correlación LP (%) vs. Wnat SR.....	85
Fig. 47 Correlación IP (%) vs. Wnat SR.....	86
Fig. 48 Correlación γ_d máx (g/cm ³) vs. Wnat SR.....	87
Fig. 49 Correlación W ópt (%) vs. Wnat SR.....	88
Fig. 50 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR.....	89
Fig. 51 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR.....	90
Fig. 52 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	91
Fig. 53 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	92
Fig. 54 Correlación e vs. Wnat SR.....	93
Fig. 55 Correlación Gw (%) vs. Wnat SR.....	94
Fig. 56 Correlación LP (%) vs. LL (%) - Wnat SR.....	95
Fig. 57 Correlación W (%) vs. γ_d máx (g/cm ³) - Wnat SR.....	96
Fig. 58 Correlación γ_d (g/cm ³) vs. Wnat SR - γ_m (g/cm ³).....	97
Fig. 59 Correlación W (%) vs. γ_d (g/cm ³) - Wnat SR.....	98
Fig. 60 Correlación W (%) vs. γ_m (g/cm ³) - Wnat SR.....	99
Fig. 61 Correlación W (%) vs. F (%) - Wnat SR.....	100
Fig. 62 Correlación W (%) vs. Wnat SR - W ópt (%).....	101
Fig. 63 Correlación W (%) vs. Wnat SR - IP (%).....	102
Fig. 64 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR.....	103

Fig. 65 Correlación Gc (%) vs. Wnat SC	113
Fig. 66 Correlación D10 (mm) vs. Wnat SR	114
Fig. 67 Correlación D30 (mm) vs. Wnat SR	114
Fig. 68 Correlación D60 (mm) vs. Wnat SR	115
Fig. 69 Correlación Cu vs. Wnat SR	115
Fig. 70 Correlación Cc vs. Wnat SR.....	116
Fig. 71 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	116
Fig. 72 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	117
Fig. 73 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	117
Fig. 74 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	118
Fig. 75 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	118
Fig. 76 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	119
Fig. 77 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	119
Fig. 78 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	120
Fig. 79 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	120
Fig. 80 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	121
Fig. 81 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	121
Fig. 82 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	122
Fig. 83 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	122
Fig. 84 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR	123
Fig. 85 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	123
Fig. 86 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	124
Fig. 87 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	124
Fig. 88 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	125
Fig. 89 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	125
Fig. 90 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	126
Fig. 91 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	126
Fig. 92 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	127
Fig. 93 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	127
Fig. 94 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	128
Fig. 95 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	128
Fig. 96 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	129
Fig. 97 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR.....	129
Fig. 98 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	130

Fig. 99 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	130
Fig. 100 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	131
Fig. 101 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	131
Fig. 102 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	132
Fig. 103 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	132
Fig. 104 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	133
Fig. 105 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	133
Fig. 106 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	134
Fig. 107 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	134
Fig. 108 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	135
Fig. 109 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	135
Fig. 110 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom SR.....	136
Fig. 111 Correlación n (%) vs. Wnat SR	136
Fig. 112 Correlación Ga (%) vs. Wnat SR	137
Fig. 113 Correlación W (%) vs. Gc (%) - Wnat SR	138
Fig. 114 Correlación W (%) vs. D60 (mm) - Wnat SR	138
Fig. 115 Correlación e vs. n (%) - Wnat SR	139
Fig. 116 Correlación e vs. Gw (%) - Wnat SR	139
Fig. 117 Correlación e vs. Ga (%) - Wnat SR	140
Fig. 118 Correlación n (%) vs. Gw (%) - Wnat SR	140
Fig. 119 Correlación n (%) vs. Ga (%) - Wnat SR	141
Fig. 120 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR	141
Fig. 121 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR	142
Fig. 122 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR	142
Fig. 123 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR	143
Fig. 124 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR	143
Fig. 125 Correlación γ_d (gr/cm ³) vs. Wprom (%) - Wprom SR	144

RESUMEN

A través del tiempo, dentro de la construcción de diferentes obras civiles, el agua ha jugado un papel muy significativo debido a su importancia dentro de todas las ramas de la Ingeniería Civil (hidráulica, mecánica de suelos, estructuras) ya que, en función a esta, se establecen diferentes normas y técnicas aplicadas dependiendo del uso o el medio en que se vaya a utilizar este recurso tan importante.

En el presente trabajo experimental, se analizó el agua como componente del suelo, implementando un modelo alternativo para determinar el contenido de humedad de suelos granulares dentro del cantón Ambato, mediante la aplicación de sensores electrónicos resistivos y capacitivos, correlacionados con datos fidedignos obtenidos mediante ensayos normados de suelos (Normas ASSHTO y CFE 10000-73).

Una vez tabulados los datos levantados en campo, se procede a realizar comparaciones con la ayuda del programa Excel, obteniendo correlaciones simples y múltiples para estimar coeficientes de correlación, clasificando los ensayos en un rango cuantitativo y cualitativo (excelentes hasta regulares), detallando que los sensores electrónicos brindan un comportamiento óptimo (mayor al 90 por ciento), estos en la evaluación del contenido de humedad en el ensayo Proctor para las 15 muestras tomadas de las parroquias del cantón Ambato.

Este análisis permite obtener valores en sitio sobre el contenido de humedad, minorando el tiempo en la obtención de resultados con gran similitud en los valores de ensayos estandarizados, su uso es recomendado para llevar a cabo estudios previos de muestras de suelo, con un bajo costo y excelente trabajabilidad.

ABSTRACT

Through time within the construction of different civil works, water has played a very significative role due to its importance within the branches of Civil Engineering (hydraulic, soil mechanics and structures) based on this, different standards and techniques are established depending on the use or the way in which this very important resource will be used.

In the present experimental work, water was analyzed as a component in soil, implementing the alternative model to determine the humidity content of soil granules within the Ambato Canton, by means of applying electronic resistance and capacitive sensors, correlated to the reliable information obtained by means of soil normed tests. (Norms ASSHTO y CFE 10000-73).

Once the results raised in the field were tabulated, comparisons were realized with the help of the program Excel, obtaining simple and multiple correlations to estimate coefficients corelated, classifying the qualitative and quantitative tests (from regular to excellent) detailing that the electronic sensors give optimum behavior (above 90 percent), those in the evaluation of the humidity content in the Proctor tests from 15 of the samples taken from the parishes in the Ambato Canton.

This analysis permits obtaining the values of the humidity content of the site, limiting the time to obtain the results very similar to the values of the standard tests, its use is recommended to carry out the previous soil sample studies, with a low cost and excellent workability.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

En el presente informe, previo a la etapa de experimentación de un cotejo técnico y sustentado para obtener la humedad del suelo por el método gravimétrico y la humedad determinada mediante sensores electrónicos capacitivos o resistencia eléctrica, se procura presentar una similitud de trabajos y proyectos relacionados con la humedad del suelo.

La humedad o método gravimétrico (Reynolds, 1970), también llamado Contenido de agua (humedad del material), es expresada a modo de porcentaje, de la masa del agua incluida en los poros, llamada también agua libre, en una masa dada de material con respecto a la masa del material sólido. Se utiliza la temperatura estándar de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ para establecer estas masas. Históricamente American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) publicó el Método estándar de determinación de laboratorio del contenido de humedad del suelo instituido en 1971, el cual ha sido modificado en varias ediciones y mejoras, con su archivo actual ASTM D2216 – 19 (2019). [1]

Se presenta un enfoque de correlación entre propiedades del suelo (Densidad en sitio, Granulometría, Densidad seca máxima, Humedad óptima, Permeabilidad) y el Contenido de agua (Humedad del suelo) determinada mediante sensores electrónicos, analizando los comportamientos y beneficios al utilizar dichos sensores.

En el año 2007, se presentó un trabajo de investigación con el tema “Correlación de Determinación de Humedad de Suelos por Medio de Secado en Horno y en Microondas” en el cual sus Autores María Soledad Gómez y Sergio Vidal Arcos experimentan al determinar la Humedad de suelos por medio de secado en horno (Método Gravimétrico) y lo comparan con el secado de suelo en Microondas. Gómez y Arcos idealizan minorar el tiempo de ensayo que toma realizar la prueba de suelos,

esto no por la complejidad del ensayo sino por el tiempo de secado que por norma se debe efectuar, además se señala el alto costo del equipo (horno ventilado), lo que pretenden reemplazarlo con el uso de un microondas. [2]

Transcurrido el 2017 The University of Arizona (Universidad de Arizona), publica “Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo?”, donde se especifica técnicas para medir la humedad del suelo: El Método del Tacto, La Sonda de Neutrones, La Resistencia Eléctrica, Tensión del Suelo, Sondas TDR, Las Sondas TDR (Time Domain Reflectometry) utilizan el principio de ondas electromagnéticas y la convierten a una lectura de humedad del suelo, mientras más humedecido esté el suelo, más tiempo le toma a la onda electromagnética transitar por el suelo, el costo del equipo TDR es alto.

La Resistencia Eléctrica, método que determina el contenido de humedad por la resistencia (oposición) a la transmisión de corriente eléctrica entre 2 electrodos en contacto con la tierra, a mayor agua en la tierra menor resistencia y viceversa, este es un tipo de sensor económico, simple y fácil de usar. [3]

En 2013, la Universidad de San Juan Argentina promulga “Control Automático de Riego Agrícola con Sensores Capacitivos de Humedad de Suelo. Aplicaciones en Vid y Olivo” donde se describen características del sensor capacitivo. El Sensor Capacitivo, mide la constante dieléctrica del suelo mediante sondas de un material conductor, la constante dieléctrica relativa del suelo seco está en un rango de (3 – 4) MHz y la del agua entre (80 y 85) MHz, son sensores eficaces, de alto y bajo costo según el fabricante y de fácil uso. [4]

Por consecuente se identifica los diversos métodos tanto convencionales como modernos para determinar la Humedad del Suelo, acotando que se ha realizado una síntesis del proyecto de investigación realizado por el autor. Actualmente existen datos, análisis y aplicaciones en campos como la Agricultura, Deporte (conservación de campos deportivos), Química (Manufacturación de Abonos químicos), olvidándose que se puede emplearlos en la Ingeniería (Detección de Humedad en estructuras de concreto, Monitoreo de Terraplenes, etc.) Además, para la presente investigación se utilizó sensores de tipo Capacitivo y de Resistencia Eléctrica, esto para obtener un

mayor contraste de datos y poder efectuar un análisis sistemático al compararlos resultados con las Propiedades Índice de suelo.

1.1.2. Justificación

A través del tiempo, dentro de la construcción de diferentes obras civiles, el agua ha jugado un papel muy significativo debido a su importancia dentro de todas las ramas de la Ingeniería Civil (hidráulica, mecánica de suelos, estructuras) ya que, en función a esta, se establecen diferentes normas y técnicas aplicadas dependiendo del uso o el medio por el cual se vaya a utilizar este recurso tan importante.

Fundamentalmente, el agua se la puede estudiar de dos maneras específicas dentro de la construcción; la primera, el estudio del agua radica en un material de construcción como ejemplo en la elaboración del concreto o su uso para diferentes etapas de la ejecución de la estructura (curado de elementos estructurales y no estructurales); en segundo, el agua es estudiada en relación al sitio en donde se implementará cualquier tipo de obra civil debido a que, por condiciones hidrológicas y ambientales, la composición del suelo no es uniforme por lo que ciertos lugares mantienen poca presencia de contenido de humedad.

En el presente documento, se analizará el agua como componente del suelo, donde se construyen las diferentes obras civiles, implementando un modelo alternativo para determinar el contenido de humedad de suelos granulares dentro del cantón Ambato mediante la aplicación de sensores electrónicos, correlacionados con datos fidedignos obtenidos de ensayos normados de suelos.

Para lograr un mayor contraste de datos se pretende comparar las lecturas de sensores de humedad del suelo, con sensores de tipo capacitivo y de resistencia eléctrica con ensayos como Contenido de Humedad Natural, Densidad en sitio, Granulometría, Proctor Modificado, Coeficiente de Permeabilidad.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. El suelo y sus fases

El suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, con organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”. En dirección vertical sus propiedades cambian más rápidamente que en la horizontal. El agua incluida desarrolla un papel fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, por consiguiente debe considerarse como parte integral de este. [5]

“Suelo” proviene del latín “solum”, es una definición de la que hacen uso diferentes profesantes. Así, para:

- El geólogo, el suelo es la capa más exterior de la corteza terrestre, al ocupar el 30% de la superficie terrestre, resultado de la desintegración de rocas por alteraciones violentas de temperatura, acción del agua, viento y seres vivos.
- Ingeniero Geólogo, suelo se denomina un agregado de minerales fusionados por fuerzas débiles de contacto, separables por medios mecánicos de leve energía o por agitación de agua.
- El Edafólogo, suelo es la capa fina de material fértil que se encuentra recubriendo la superficie terrestre. Situada entre el límite de atmósfera y la zona continental de la corteza terrestre.
- Urbanista, el suelo es un espacio físico en el cual ejecutar la planificación urbanística, donde realizar la edificación de las obras y las infraestructuras.
- Ingeniero, el suelo es el sustrato físico sobre el cual se ejecutan las obras, del que se rescatan las propiedades físico - químicas, especialmente las propiedades mecánicas.

Eficazmente, en la Ingeniería Civil, el suelo corresponde a un amplio abanico de todo tipo de materiales terrosos, abarcando desde un relleno antrópico hasta lutitas y areniscas en parte cementadas, excluyendo de esta definición de suelo las rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas) sanas o parcialmente alteradas.

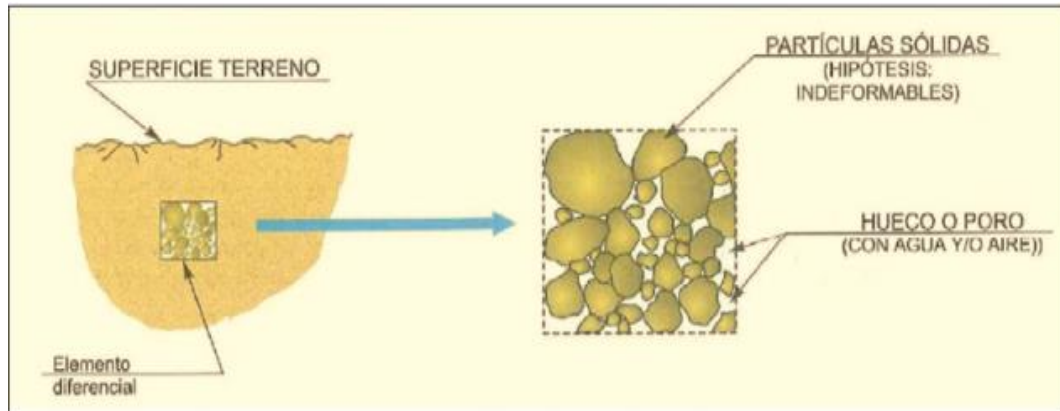


Fig. 1 Constitución del suelo (Glez. de Vallejo et al.).

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

“Para nosotros el suelo será el espesor de la corteza terrestre que puede ser afectado por las construcciones humanas, y la Mecánica del Suelo como la ciencia que estudia las variaciones que, en el estado de equilibrio y tensión del suelo, pueden introducir dichas construcciones” (Jiménez Salas, 1975).

En un suelo se diferencian tres fases integrantes: sólida, líquida y gaseosa.

- La fase sólida: formada por las partículas minerales del suelo.
- La fase líquida: agua (aunque puedan coexistir otros líquidos).
- La fase gaseosa: sobre todo al aire (aunque pueden estar presentes otros gases: anhídrido carbónico, vapores sulfurosos, etc.).

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el Volumen de Vacíos o de Huecos, mientras que la fase sólida constituye el Volumen de Sólidos o de Partículas Sólidas.

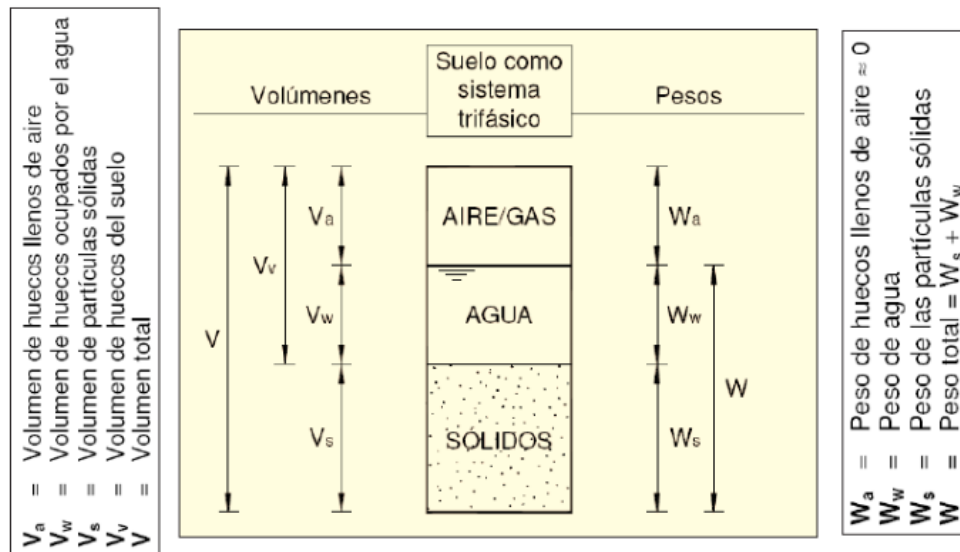


Fig. 2 Fases principales en un suelo. Nomenclatura de volúmenes (a la izda) y de pesos (dcha).

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

1.1.3.2. El agua en el suelo

El suelo, en mayor o menor cantidad, siempre está húmedo. El agua subterránea entra, parcial o totalmente, en los poros intersticiales de los suelos y juntas de las rocas que componen la corteza terrestre. El agua contenida en el terreno proviene de 2 fuentes primordiales:

- Agua de infiltración: proviene de las precipitaciones de las lluvias, escorrentía de superficie, corrientes de agua superficial y subálvea, deshielos, lagos o del mar.
- Agua de sedimentación: que pertenece a aquella que quedó ocluida en los suelos sedimentarios al producirse el depósito de sus partículas. [6]

1.1.3.3. Investigación del suelo en campo

1.1.3.3.1. Muestreo

La toma de muestras o muestreo es la extracción de una fracción del material con el que se construirá una estructura o del material que contiene esta, procurando que las características de la porción conseguida representen al conjunto. Las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras forman parte fundamental del muestreo.

Se puede diferenciar en 2 tipos de muestras: Muestras Alteradas y Muestras Inalteradas.

1.1.3.3.2. Muestras alteradas

Están formadas por el material disgregado o fragmentado, no se mantienen precauciones para conservar las cualidades de estructura y humedad; sin embargo, en ocasiones se debe saber el contenido de agua original del suelo, para ello se envasa y transporta el suelo con las debidas precauciones.

Las muestras alteradas podrán ser obtenidas de excavaciones o a su vez en perforaciones llevadas a profundidad, la cantidad de muestras varía según la homogeneidad del terreno y su cantidad (40 Kg) debe obtenerse de una muestra representativa mediante el proceso de cuarteo.

1.1.3.3.3. Muestras inalteradas

En estas muestras se mantiene la estructura original, mineralogía y la humedad que posee el suelo en el lugar donde se obtuvo la muestra.

Son muestras obtenidas en suelos que no se disgregan con facilidad, se aplican dimensiones tales que permitan operaciones de labrado y extracción de las muestras en el momento de la excavación.

Ejecutada la extracción de muestras se identifica las propiedades previamente mencionadas.

1.1.3.3.4. Muestras integrales

Las muestras integrales se deben conseguir obligatoriamente para los análisis de suelos en un diseño de una super estructura.

1.1.3.3.5. Muestreo vs. ensayos

Van ligadas las actividades de ensayo y el muestro, puesto que el muestreo está gobernado por los requerimientos dictados por las pruebas de laboratorio, así como los ensayos están regidos por la naturaleza de los problemas que se generan en el material ocupado en la construcción. Rescatando que son indispensables los 2 tipos de sondeos Preliminares y Definitivos. [7]

1.1.3.4. Métodos: determinar la humedad del suelo

El llegar a conocer el estado de humedad en los suelos logra que el hombre cree métodos para cuantificar estas variables, iniciando con métodos empíricos los cuales utilizan variables como la diferencia de peso y sensación de humedad de forma manual para proveerse de un dictamen, al pasar el tiempo la tecnología es implementada para este tipo de mediciones, logrando estándares y dando origen a gran cantidad de dispositivos y métodos que se convierten en instrumentos principales para conocer la Humedad en suelos. [8]

1.1.3.4.1. Métodos directos

Método gravimétrico

Considerado como el método tradicional y uno de los más antiguos que existe para realizar cuantificaciones de humedad en suelos, se extraen muestras físicas del terreno donde se están realizando las mediciones.

Método Gravimétrico (Reynolds, 1970) se base en extraer diversas muestras del terreno donde se realiza la medición de humedad, se pesan las muestras y se secan en horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas o hasta el instante que la muestra logre un peso constante. (Detallando el peso del recipiente portador de la muestra a secar, para conocer el peso real de la muestra).

Dicho método es el estándar para estimar el contenido de humedad del suelo con el cual se compara otros sistemas de medición de humedad.

Puesto que es el método mayormente usado, presenta más desventajas que ventajas al instante de hacer mediciones de humedad de suelos.

Entre las ventajas se detalla que es un método con bajo margen de error si se ejecuta con cuidado y precisión.

En cuanto a las desventajas, se requiere de hornos que mantengan la temperatura constante y que se pueda temporizar. Requiere de diversas muestras ya que la distribución del agua en el suelo no tiene homogeneidad. Requiere de mayor tiempo para obtener los resultados (alrededor de 24 horas). [9]

Sonda de neutrones

Se ha ocupado ampliamente en proyectos de investigación para estimar la humedad del suelo. La sonda de neutrones contiene una fuente radioactiva que envía una cantidad de neutrones rápidos. Dichos neutrones rápidos son del tamaño de un átomo de hidrógeno; al instante que los neutrones rápidos colisionan contra los átomos de hidrógeno, se vuelven más lentos. Un sensor dentro de la sonda evalúa la proporción de neutrones rápidos que salen y de los neutrones lentos que regresan. Esta relación permite obtener el contenido de humedad en el suelo. Pero en cada suelo hay otras fuentes de hidrógeno no relacionadas con el agua, entonces se debe calibrar la sonda para cada suelo. Para su uso se baja la sonda (fuente radioactiva y detector) hasta la profundidad deseada Fig. 3. Este equipo tiene un valor considerable (alrededor de \$6400), además que al contener material radiactivo se debe poseer una licencia para operarlas.

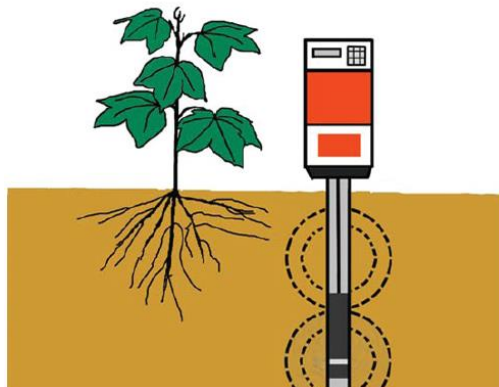


Fig. 3 Diagrama de un indicador de humedad de neutrones (sonda de neutrones).

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: E. C. Martín; C. Muñoz. [3]









Método del tacto

Para estimar la humedad del suelo, este método se basa en la “apariencia” y la “consistencia” del suelo, en consecuencia, va ligado con la textura de este. La cantidad relativa de arena, limo y arcilla contenida en el suelo permiten detectar la cantidad máxima de agua que llega a retener el suelo; por esto suelos de diferentes texturas presentan desigual en apariencia y consistencia al encontrarse en un mismo nivel de humedad.

La estimación de humedad del suelo por el método del tacto demanda de una previa caracterización de textura de suelo, esto se obtiene de mapas de suelo o estudios anteriormente realizados.

La exactitud de este método es de alrededor del 5%, pero requiere de conocimientos amplios y dicho así también de experiencia para su ejecución.





TABLA I. Método del tacto (0 – 75).

Humedad disponible del suelo	Textura			
	Textura gruesa Arena fina y Arenoso franco fino	Textura moderadamente gruesa Franco arenoso, y Franco arenoso fino	Textura mediana Franco arcillo arenoso, Franco, y Franco limoso	Textura fina Arcilloso, Franco arcilloso y Franco arcillo limoso
0 – 25	Seco: EL suelo se mantiene unido si no es disturbado, caso contrario se encuentra suelto; los granos de arena se sueltan entre los dedos.	Seco: Se forma un cilindro muy débil; los granos agregados de suelo se separan fácilmente de la forma esférica	Seco: Los agregados de suelo se separan fácilmente; la humedad no mancha los dedos; los terrones se desmenuzan con la aplicación de presión.	Seco: los agregados de suelo se separan fácilmente, los terrones son difícilmente desmenuzados con la aplicación de presión.
25 – 50	Ligeramente húmedo: Se forma una esfera muy débil con marcas digitales bien-definidas; una capa ligera de granos de arena sueltos y agregados permanecen en los dedos. 	Ligeramente húmedo: Se forma una esfera débil con marcas digitales bien definidas; color oscuro; el agua no mancha los dedos, los granos se separan. 	Ligeramente húmedo: Se forma una esfera débil con superficie áspera; la humedad no mancha los dedos; algunos agregados de suelo se separan. 	Ligeramente húmedo: forma una esfera débil; muy pocos agregados de suelo se separan; la humedad no mancha; los terrones se aplanan al aplicarse presión. 
50 – 75	Húmedo: Se forma una esfera débil con granos de arena sueltos y agregados, que se forman en los dedos; color oscuro; el agua mancha moderadamente los dedos; no se forma la cinta. 	Húmedo: Se forma una esfera con marcas digitales definidas; la mezcla de agua y suelo mancha muy ligeramente los dedos; color oscuro; no se resbala. 	Húmedo: Se forma una esfera; la humedad mancha los dedos muy ligeramente; color oscuro; flexible; se forma una cinta débil entre el dedo pulgar y el dedo índice. 	Húmedo: Se forma una esfera lisa con marcas digitales definidas; el agua y suelo manchan ligeramente los dedos; se puede formar una cinta entre el dedo pulgar y el dedo índice. 

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Fuente: R. Rocha L.

TABLA II. Método del tacto (75 – 100).

Humedad disponible del suelo	Textura			
	Textura gruesa Arena fina y Arenoso franco fino	Textura moderadamente gruesa Franco arenoso, y Franco arenoso fino	Textura mediana Franco arcillo arenoso, Franco, y Franco limoso	Textura fina Arcilloso, Franco arcilloso y Franco arcillo limoso
75 – 100	<p>Mojado: Se forma una esfera débil; granos de arena sueltos y agregados permanecen en los dedos; color oscuro; el agua mancha fuertemente los dedos; no se forma la cinta.</p> 	<p>Mojado: Se forma una esfera con contorno húmedo notorio en la mano; el agua mancha suave a moderadamente los dedos; se forma una cinta débil entre el dedo pulgar y el dedo índice.</p> 	<p>Mojado: Se forma una esfera con marcas digitales bien definidas; el agua y suelo cubren ligera a fuertemente los dedos; se forma una cinta entre el dedo pulgar y el dedo índice.</p> 	<p>Mojado: Se forma una esfera; el agua y suelo cubren ligera a fuertemente los dedos en forma desigual, se forman fácilmente una cinta entre el dedo pulgar y el dedo índice.</p> 
Capacidad de campo	<p>Mojado: Se forma una esfera débil; una mezcla moderada a fuerte de agua y suelo cubre los dedos; el contorno húmedo de la forma cilíndrica permanece suavemente en la mano.</p>	<p>Mojado: forma una esfera suave; aparece un poco de agua libre en la superficie de la muestra de suelo después de apretar o agitar; una mezcla de agua y suelo cubre moderada a fuertemente los dedos.</p>	<p>Mojado: Se forma una esfera suave; poca agua libre aparece en la superficie de la muestra de suelo después de apretar o agitar; el agua y suelo cubre moderada a fuertemente los dedos.</p>	<p>Mojado: Se forma una esfera suave, poca agua libre aparece en la superficie de la muestra de suelo después de apretar o agitar; una mezcla espesa de agua y suelo cubre los dedos; la muestra es resbaladiza y pegajosa.</p>

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Fuente: R. Rocha L. [10]

1.1.3.4.2. Métodos indirectos

Tensión del suelo

Al iniciar el proceso de secado del suelo, las partículas del suelo retienen agua con mayor fuerza. El tensiómetro mide la intensidad de la fuerza con la que el suelo retiene al agua. Son dispositivos que se instalan a profundidad de medición variable. A mayor deshidratación del suelo, este empieza a jalar agua de la columna de agua provocando succión. La fuerza de succión se mide con un indicador. Dispositivos modernos reemplazan el indicador de succión por sensores electrónicos. Los tensiómetros poseen buen funcionamiento en suelos con alto contenido de agua y tienden a brindar datos erróneos con suelos donde la tierra está muy seca. Su costo varía entre \$30 (una lectura a la vez) y \$2000 (toma de lecturas en múltiples sitios).

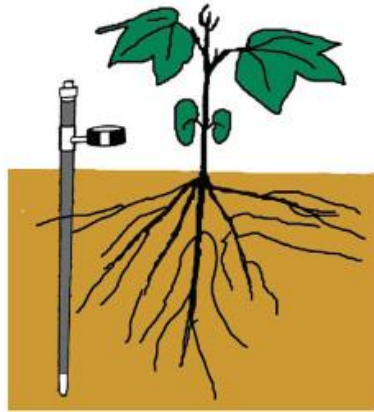


Fig. 4 Diagrama de un tensiómetro.

En algunos casos, el indicador de aguja es reemplazado con una terminal que conecta con un sensor que mide la fuerza de succión.

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: E. C. Martín; C. Muñoz. [3]

Atenuación de rayos gamma

Un rayo gamma de alta intensidad que atraviesa una sección del suelo decrece exponencialmente dependiendo principalmente de la densidad aparente del suelo, del contenido de agua y de la atenuación del agua y suelo (coeficientes constantes). Este procedimiento consiste en la atenuación de la fuente de rayos gamma (cesio 137) y un detector de rayos gamma (fotomultiplicador/escintilador) tubos en acceso paralelo instalados en el suelo.

Por niveles de medida, la señal va traducida en densidad aparente de la humedad del suelo o, se puede convertir en medida del contenido volumétrico de la humedad del suelo (si se conoce la densidad aparente del suelo seco).

El método posee la ventaja de alta resolución espacial con medidas que van desde 20 50 mm de espesor de suelo con tubos de acceso separados por 3 metros. Utilizado principalmente en laboratorios y no sobre el terreno. [11]

Reflectometría en el dominio temporal

Es una técnica electromagnética indirecta (TDR), instantánea, no destructiva y precisa utilizada para cuantificar el contenido de humedad del suelo.

Para evaluar el contenido volumétrico de humedad del suelo (θ) usando equipos TDR, se necesita una función que relaciona la constante dieléctrica aparente (K_a) con θ . Entre las funciones más utilizadas para este proceso tenemos la desarrollada por Topp et al. (1980), llamada también ecuación universal, entre las ventajas de dicha ecuación es que no se requiere de ningún parámetro de suelo adicional.

Para evaluar el contenido de agua en la capa superior del suelo con TDR, se debe introducir en el suelo dos varillas metálicas paralelas que cumplen la función de líneas de transmisión de ondas electromagnéticas. La muestra para evaluar por el par de varillas es cilíndrica. [12]

Los TDR trabajan bajo el principio que la presencia de agua en el suelo afecta la velocidad de propagación de una onda electromagnética (se hace más lenta).

Al estar más mojado el suelo, mayor tiempo le toma a la onda electromagnética viajar por el suelo y regresar por la guía.

Dicho aparato registra el tiempo convirtiéndolo a lecturas de la humedad del suelo. [3]



Fig. 5 Sondas de humedad del suelo TDR Pico.

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: V. Walt. [13]

Entre los métodos de evaluación de la humedad del suelo de carácter indirecto se puede describir a la Resistencia Eléctrica y el Método de capacitancia (Sensor capacitivo), los cuales son los utilizados en el presente trabajo experimental y se describen en los literales 1.1.3.7.1.1 y 1.1.3.7.1.2 respectivamente.

1.1.3.5. Propiedades índice del suelo

Nos permiten conocer cualitativamente el comportamiento mecánico de los suelos, además los brindan información sobre el estado y naturaleza del suelo. Por tal motivo un estudio de suelos con detalle de sus propiedades índice implica: clasificar, conocer y verificar el proceder del agua en este, su resistencia a esfuerzos extremos y límites en relación con su cambio de volumen. Con la descripción de estas múltiples características y comportamientos, se puede diseñar estructuras que se adecuen a las condiciones específicas del suelo. [14]

1.1.3.5.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los (105-110) °C. Se expresa de forma de porcentaje, puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado que no necesariamente es el 100%. [15]

En mecánica de suelos la determinación del contenido de humedad de las muestras de suelos es un proceso lento y no por la complejidad de su determinación, sino por el tiempo que requiere el obtener resultados del ensayo.

El tiempo mínimo para determinar la masa seca de una muestra de suelo, por medio de un horno ventilado, es del orden de las 12 horas, y para asegurar la condición de masa seca, se establece que, entre 2 pesadas sucesivas, separadas por un intervalo de tiempo que generalmente es de una hora, se debe tener masa constante; es un método lento, sobre todo si se considera que el ensayo de determinación del contenido de humedad generalmente va asociado a otros de mayor relevancia como por ejemplo la determinación de la densidad máxima compactada seca, entre otros. [2]

El valor de humedad puede ser representado en términos gravimétricos y volumétricos.

Entendida como porcentaje de humedad gravimétrica la relación entre la masa de agua del suelo con respecto de la masa de suelo seco:

$$\% \text{ Humedad gravimétrica} = \frac{Ma}{Mss} * 100$$
$$\% \text{ Humedad gravimétrica} = \frac{Msh - Mss}{Mss} * 100$$

Donde:

- Ma = masa de agua (gr).
- Mss = masa de suelo seco (gr).
- Msh = masa de suelo húmedo (gr).

Descrita como valor porcentual de humedad volumétrica la relación entre el volumen de agua y el volumen total de la muestra.

$$\% \text{ Humedad volumétrica} = \frac{Va}{Vm} * 100$$
$$\% \text{ Humedad volumétrica} = \frac{Ma * da}{Vm} * 100$$

Donde:

- Ma = masa de agua (gr).
- da = densidad aparente del agua (1 gr/cm³)
- Va = volumen de agua (cm³).
- Vm = volumen de la muestra (cm³). [16]

1.1.3.5.2. Densidad en sitio

La Densidad en sitio se determina a través del peso del suelo húmedo de una pequeña excavación con forma un tanto irregular (hoyo) realizado en la superficie del suelo. Además, se requiere calcular el volumen del agujero. Dicho procedimiento se puede ejecutar a través del método del cono de arena de Ottawa bajo normas AASHTO T-205, ASTM D-2167. La densidad húmeda del suelo se establece como:

$$\gamma_{Hum} = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del hueco}} = \frac{Wm}{Vm}$$

Donde:

- γ_{Hum} = Densidad húmeda del suelo. [15]

TABLA III. Compacidades máxima y mínima de suelos granulares

Descripción	Relación de Vacíos		Porosidad (%)		Peso específico seco (ton/m ³)	
	e _{máx}	e _{mín}	n _{máx}	n _{mín}	γ _d mín	γ _d máx
Esferas uniformes	0.92	0.35	47.6	26.0	-	-
Arena de Ottawa normalizada	0.80	0.50	44	33	1.47	1.76
Arena limpia uniforme	1.0	0.40	50	29	1.33	1.89
Limo orgánico	1.10	0.40	52	29	1.28	1.89
Arena limosa	0.90	0.30	47	23	1.39	2.03
Arena fina a gruesa	0.95	0.20	49	17	1.36	2.21
Arena micácea	1.2	0.40	55	29	1.22	1.92
Arena limosa y grava	0.85	0.14	46	12	1.42	2.34

B.K. Hough, Basic Soils Engineering Copyright © 1957, The Ronald Press Company, New York.

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: W. Lambe, R. Whitman. [17]

1.1.3.5.3. Densidad seca máxima

Conocida como peso volumétrico seco, se calcula partiendo del peso volumétrico de la masa de suelo o densidad húmeda del suelo (γ_{Hum}) y su correspondiente contenido de agua (ω),

$$\gamma_{Seca} = \frac{\gamma_{Hum}}{1 + \omega}$$

Donde:

- γ_{Hum} = Densidad húmeda del suelo
- γ_{Seca} = Densidad seca del suelo
- ω = Contenido de humedad [18]

1.1.3.5.4. Granulometría

Granulometría de un suelo se define como la contextura porcentual de las diferentes dimensiones de partículas que conforman una muestra del suelo.

1.1.3.5.4.1. Clasificación del suelo por el tamaño de las partículas

Al clasificar el suelo por características granulométricas se distingue fracciones con el nombre de diversos tipos de suelo como ejemplo: limo medio, arena gruesa, etc.

Pero el inconveniente nace porque los límites de los tamaños de las fracciones granulométricas no coinciden entre las múltiples clasificaciones vigentes, esto por el país, cultura y campo de aplicación para el cual fueron creadas.

Entre los sistemas de clasificación y normas granulométricas más comunes tenemos:

- BS: British standard.
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- USCS: Unified Soil Classification System (más conocido en España por las siglas SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
- MIT: Massachusetts Institute of Technology. Institución de educación superior privada situada en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos. Fundado en 1861 por el geólogo William Barton Rogers.
- DIN: Deutsches Institut für Normung. Sistema de normalización creado en Alemania, en 1926, para obtener una unificación, con fines técnicos y económicos, de medidas, formas, etc., usadas en la industria.
- UNE: Una Norma Española. AENOR, Asociación Española de Normalización y Acreditación, entidad líder en certificación de sistemas de gestión, productos y servicios, y responsable del desarrollo y difusión de las normas UNE.

Se generan diferencias pequeñas al definir límites de tamaño de partículas en las fracciones granulométricas entre las normas o sistemas de clasificación granulométricas. Ejemplo:

TABLA IV. Algunos Sistemas de Clasificación en varios países.

	BRITÁNICO ₁	AASHTO ₂	ASTM ₃	SUCS ₄	
	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	
Grava	1. – 2	75 – 2	> 2	75 - 4.75	4: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos 3: American Society for Testing and Materials 2: American Association of State Highway and Transportation Official 1: B S – 5930: 1981
Arena		2 – 0.05	2 – 0.075	4.75 – 0.075	
Limo	2 – 0.06	0.05 – 0.002	0.075 – 0.005	< 0.075 FINOS	
Arcilla	0.06 – 0.002 < 0.002	< 0.002	< 0.005		

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

TABLA V. Sistemas de clasificación de los suelos por su tamaño (mm) (Jiménez Salas, 1975).

M. I. T. Y NORMAS BRITÁNICAS										
ARCILLA	LIMO			ARENA			GRAVA			
	FINO	MEDIO	GRUESO	FINA	MEDIA	GRUESA				
	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2			
DIN (4022)										
ARCILLA	LIMO			ARENA			GRAVA			PIEDRA
	FINO	MEDIO	GRUESO	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	MEDIA	GRUESA	
	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60
U. S. PUBLIC ROADS ADMINISTRATION Y A. S. T. M.										
ARCILLA	LIMO		ARENA		GRAVA					
			FINA	GRUESA						
	0.006	0.05	0.25	2						

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

Resaltando, los límites entre suelos granulares y suelos finos (limos & arcillas) tenemos:

- Frontera arena/limo es:
 - 60 m MIT/DIN/Normas británicas
 - 75 m ASTM (tamiz n° 200)
 - 80 m UNE –
- Frontera limo/arcilla es:
 - 2 m MIT/DIN
 - 5 m ASTM/US Public Roads Administration

Métodos de análisis granulométrico

Al realizar el análisis granulométrico se pretende establecer el tamaño de partículas que forman el suelo, determinar en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos en los distintos tamaños contenidos.

Al clasificar suelos con tamaño de partículas superior o igual a 0.075 mm (0.08mm UNE y/o n° 200 ASTM), se utiliza más el método del tamizado (mecánico o por vía seca).

En agregados menores de 0.075 mm, la granulometría es estudiada por medio de la sedimentación (hidráulico, o por vía húmeda) con el uso del método densímetro o de la pipeta.



Fig. 6 Algunos tamices utilizados en el proceso de tamizado.

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

El análisis de una muestra representativa de suelo se genera al pasar a través de un conjunto de tamices estandarizados, ordenados de mayor a menor, según las aberturas de cada uno. [6]

TABLA VI. Tamaños y designación de tamices ASTM.

Posición	Abertura (pulg)	Abertura (mm)	Designación tamiz	Módulo de finura
0	3/1024	0.0744 ~ 0.075	#200	0
1	3/512	0.149 ~ 0.150	#100	1
2	3/256	0.298 ~ 0.300	#50	2
3	3/128	0.595 ~ 0.600	#30	3
4	3/64	0.196 ~ 1.20	#16	4
5	3/32	2.381 ~ 2.40	#8	5
6	3/16	4.762 ~ 4.80	#4	6
7	3/8	9.52 ~ 9.5	#3/8''	7
8	3/4	19.05 ~ 19	#3/4''	8
9	3/2	38.1 ~ 38	1.5''	9
10	3	76.2 ~ 76	3''	10

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: O. Giraldo. [19]

El contenido de suelo retenido en cada tamiz es pesado y se determina el porcentaje acumulado de material que pasa por cada tamiz. Dicho porcentaje se representa en un gráfico semilogarítmico. El porcentaje que pasa se grafica en el eje de ordenadas y los diámetros de partículas se representa en el eje de abscisas (mm).

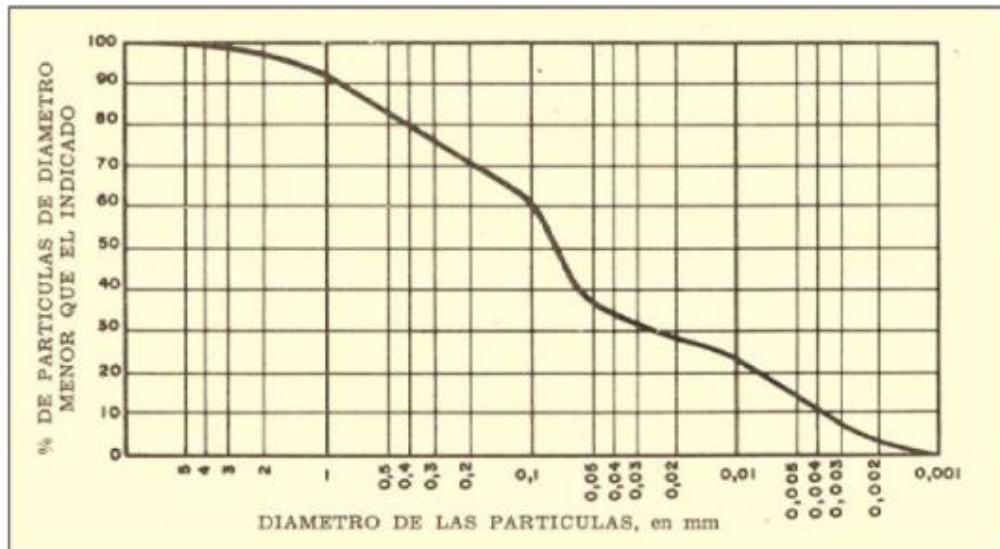


Fig. 7 Curva granulométrica acumulativa en escala semilogarítmica (Jiménez Salas, 1975).

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

1.1.3.5.4.2. La curva granulométrica

Es la representación gráfica del ensayo granulométrico. Partiendo de ella se hace posible observar la graduación de un suelo.

Los resultados obtenidos en los ensayos granulométricos de los suelos se presentan generalmente de forma acumulativa.

La curva granulométrica de un suelo se estima como aproximada, acotando que, la precisión de las curvas granulométricas en suelo finos es mucho más discutible que en suelos gruesos, esto por los tratamientos químicos y mecánicos por los que pasan los suelos finos antes de su análisis granulométrico, generando tamaños efectivos diferentes a los del suelo natural.

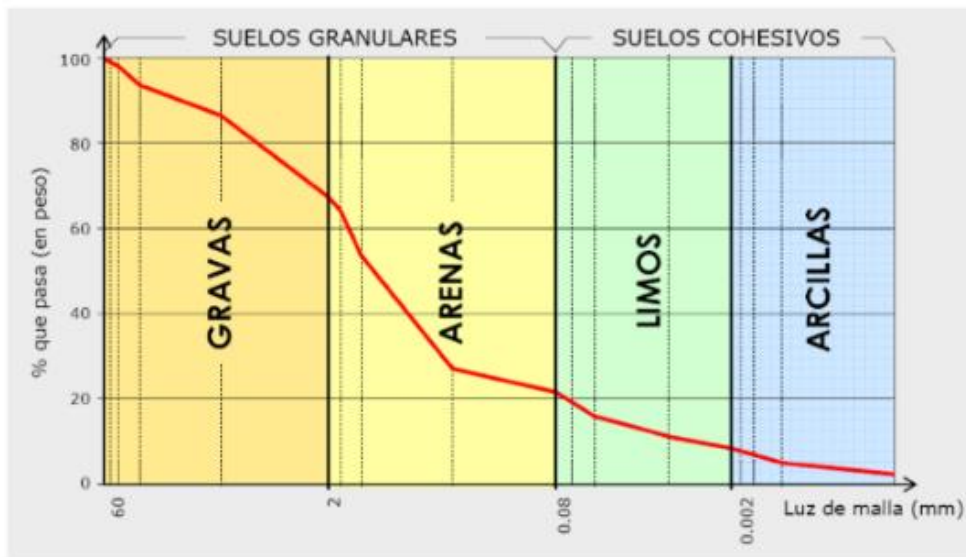


Fig. 8 Fracciones granulométricas y curva granulométrica de un suelo (Bañón y Beviá).

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

Acotando además que las curvas granulométricas, en especial de suelos granulares gruesos (gravas, arenas y limos), tienen un valor práctico, permitiendo estimar la capilaridad y permeabilidad de un suelo con un cierto diámetro efectivo y coeficientes característicos de partículas.

1.1.3.5.4.3. Diámetros y coeficientes característicos

El análisis cuantitativo de la gráfica granulométrica semilogarítmica acumulativa sugiere el uso de parámetros como:

- D_{10} : Diámetro efectivo o eficaz, tiene un papel preponderante sobre la permeabilidad de un suelo, definido como el tamaño máximo de las partículas que forman la porción 10% más fina del suelo.
- D_{30} : Tamaño máximo de las partículas que conforman la porción 30% más fina del suelo.
- D_{60} : Tamaño máximo de las partículas que componen la porción 60% más fina del suelo. [6]

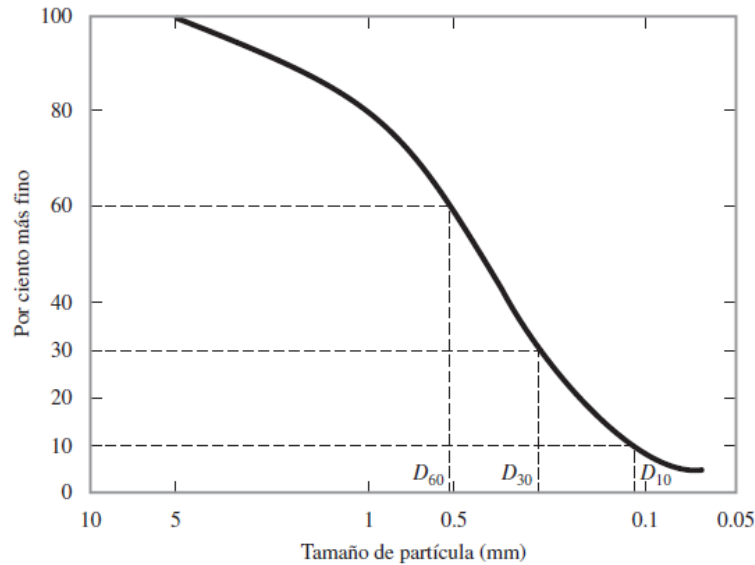


Fig. 9 Definición de D_{10} , D_{30} y D_{60} .

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: M. D. Braja. [20]

Dichos diámetros (D_{10} , D_{30} , D_{60}) a su vez sirven para obtener:

- **Coefficiente de Uniformidad:** Al alejarse más D_{60} de D_{10} , se incrementa el valor del coeficiente de uniformidad, teniéndose una mejor graduación del material. Caso contrario al ser valores parecidos, se tiene un material mal graduado, cuya gráfica semeja una línea vertical. Según SUCS, arenas con $C_u > 6$ y gravas con $C_u > 4$ son suelos bien graduados.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; C_u > 6 \text{ ó } C_u > 4 \dots \text{ Bien graduado}$$

- **Coefficiente de curvatura:** Controla la curvatura o rectitud del gráfico en ese intervalo (entre los puntos D_{60} y D_{10} el gráfico pudiera tener sinuosidades). Materiales bien graduados tienen un coeficiente de curvatura que fluctúa entre 1 y 3, si $C_c < 1$ o $C_c > 3$, el suelo está mal graduado.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}; 1 < C_c < 3 \dots \text{ Bien graduado}$$

En consecuencia, la interpretación de la curva granulométrica puede generar datos muy relevantes sobre el posible comportamiento de un suelo, siendo así:

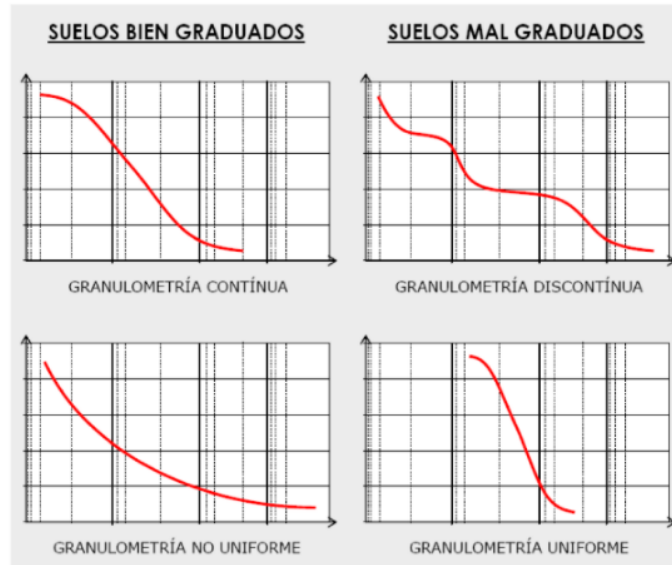


Fig. 10 Interpretación de las curvas granulométricas (Bañón y Beivá).

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo. [6]

1.1.3.5.5. Humedad óptima

La humedad óptima pertenece al contenido de humedad en el suelo que permite alcanzar el máximo peso específico, este valor alcanza una humedad generalmente entre un 15% y el 20% por debajo del límite líquido del suelo.

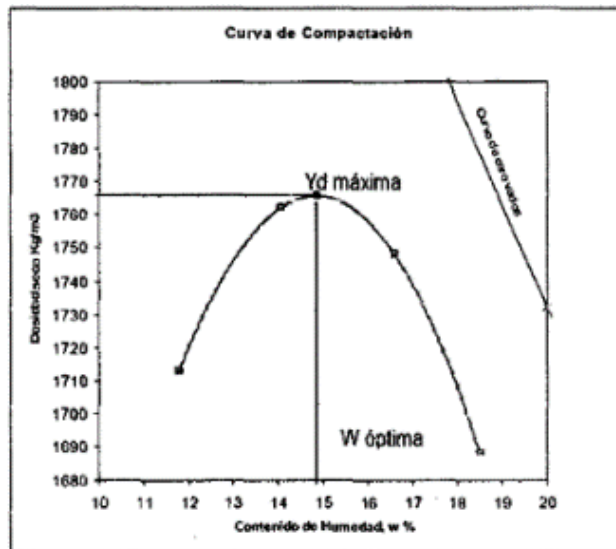


Fig. 11 Curva de compactación obtenida del ensayo Proctor modificado.

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. L. Ocas De La Cruz.

Se observa que mientras crece el contenido de humedad, se incrementa también el peso específico seco hasta un lugar donde empieza a decrecer. En dicho lugar (punto) el peso específico seco es el máximo $\gamma_{seca\ máx}$, el cual se obtiene por compactación. La abscisa correspondiente a dicho punto máximo es el contenido óptimo de humedad. Contenidos de humedad mayores al óptimos, proyectan valores menores de peso específico seco. [21]

1.1.3.5.6. Coeficiente de permeabilidad

Coeficiente de permeabilidad o coeficiente de conductividad hidráulica (k) es un parámetro que cuantifica la facilidad con la que el agua fluye y circula a través del suelo.

Dicho coeficiente depende de:

- Densidad del suelo: cuanto más denso es el suelo, menor es su volumen de huecos y en consecuencia menor será el valor de k.
- Granulometría del suelo: a mayor tamaño de partículas de la fase sólida del suelo, mayor es el valor del coeficiente de conductividad hidráulica k.
- Orientación y forma de partículas: con condiciones de sedimentación orientadas preferencialmente, la permeabilidad varía en correspondencia de la dirección del flujo.

Es posiblemente el parámetro hidráulico con mayores variaciones en función del tipo de suelo.

TABLA VII. Coeficiente de permeabilidad, k en cm/s (Escala Logarítmica).

	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Según Casagrande y Fadum	Grava Limpia		Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezcla de arena, limo y arcilla				Arcillas homogéneas "impermeables"		
Según Clasif. Unificada	GW, GP						GM, SM, ML			GC, SC		
	SW, SP					OL, MH		CL, CH, OH				
Grado de Permeabilidad	Elevada		Media			Baja			Muy Baja		Prácticamente Impermeable	

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: A. Casagrande, R. E. Fadum.

Entre los métodos para estimar el coeficiente de permeabilidad del suelo, tenemos:

- Ensayos de laboratorio:
 - Permeámetro de carga constante.
 - Permeámetro de carga variable.
- Ensayos de campo:
 - Calicatas y sondeos (Método de Lefranc: Somera de flujo variable descenso).
 - Pozos: acuífero libre y acuífero confinado.
 - Correlaciones y/o formulaciones empíricas. [6]

1.1.3.5.7. Proctor modificado

El ensayo Proctor es de las más importantes rutinas de estudio y control de calidad de la compactación del terreno. Mediante este es posible establecer la compactación máxima de un terreno en correspondencia con su grado de humedad, situación que optimiza el inicio de la obra con relación al coste y el progreso estructural e hidráulico. Se tiene 2 tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". Con diferencia entre uno y otro está la diferente energía utilizada, por el mayor peso del pisón y mayor altura de desplome en el Proctor Modificado. [21]

Entre las normativas que precisan estos ensayos se detalla las normas americanas ASTM D-698 (ASTM es la American Society for Testing and Materials, Sociedad Estadounidense para el Ensayo de Materiales) para el ensayo Proctor estándar y la ASTM D-1557 para el ensayo Proctor modificado.

Las condiciones variables para compactar el suelo son las siguientes:

TABLA VIII. Tipos y especificaciones de los ensayos Proctor.

Método Proctor	N	Tamaño molde (cm)	Volumen molde (cm)	Pisón (kg)	Nº Capas	Altura caída (cm)	Nº Golpes	Energía Compac. /volumen (kg*m/m ³)
Normal	1	11.64, 10.16	943.33	2.49	3	30.48	25	60.50
Normal	2	11.64, 15.24	2123.03	2.49	3	30.48	55	60.50
Modificado	3	11.64, 10.16	943.33	2.49	5	45.72	25	275.27
Modificado	4	11.64, 15.24	2123.03	2.49	5	45.72	55	275.27
15 Golpes	5	11.64, 10.16	943.33	2.49	3	30.48	15	36.40

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: J. C. Guerra Torralbo.

El método 1 y 3 que se indican en el recuadro se utilizan con suelos de un alto porcentaje de partículas (80%) bajo el tamiz nº 4 ASTM. Mientras que los métodos 2 y 4 se usan en suelos que tienen un porcentaje notorio de partículas mayores al tamiz nº 4 ASTM y menores que ¾.

En cuanto a la energía de compactación requerida, se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_e = \frac{N * n * W * H}{V}$$

Donde:

- Ee = Energía específica.
- N = Número de golpes por capa.
- n = Número de capas de suelo.
- W = Peso del pistón.
- H = Altura de caída libre del pistón.
- V = Volumen del suelo compactado. [6]

1.1.3.6. Sensores

Un sensor simula la capacidad de discernimiento del hombre, su utilidad es tan notoria por consecuente son incorporados hoy en día en más áreas del conocimiento y tecnología. Ya que imitan la percepción humana, se puede encontrar sensores afines a los múltiples sentidos: oído, vista, tacto, por su reaccionar al sonido, luz, el contacto, entre otros.

Los sensores al ser dispositivos electrónicos admiten la interacción con el entorno, brindan información de múltiples variables de gran utilidad para procesarlas y así dictar órdenes o generar procesos.

Al mirar al entorno descubrimos que los sensores están inmersos en innumerables aparatos domésticos, mandos a distancia, alarmas, seguridad, medicina, domótica, etc. Pero muy poco inmersos aún en ramas de la ingeniería civil como la mecánica de suelos.

1.1.3.6.1. Clasificación

Al clasificar los sensores se puede entender de mejor manera su naturaleza y funcionamiento.

Por su funcionamiento:

- **Activos:** necesitan de una fuente exterior de energía (alimentación de corriente) para su funcionalidad.
- **Pasivos:** Al no requerir de fuentes de energía exterior, trabajan con las condiciones medioambientales para su funcionamiento.

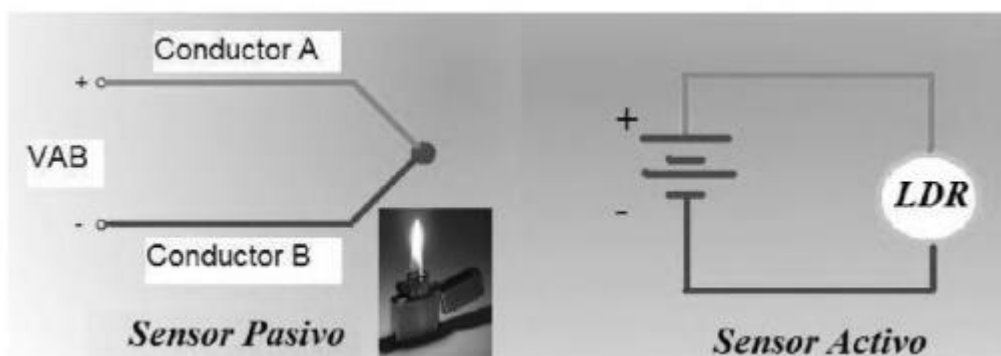


Fig. 12 Clasificación atendiendo a su funcionamiento.

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, J. C. Rico Noguera.

Por las señales generadas:

- **Digitales:** generan la información por medio de señales digitales, siendo estas “0” o “1” lógicos, o por códigos de bits.
- **Analógicos:** brindan información mediante señales analógicas (corriente, tensión), toman infinitud de valores con un mínimo y máximo.

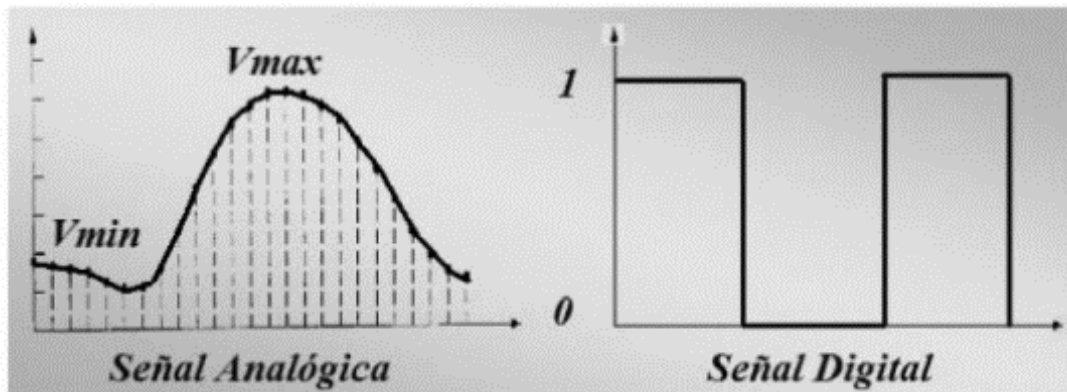


Fig. 13 Clasificación atendiendo a la señal que proporcionan.

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, J. C. Rico Noguera.

Por su utilidad:

- **Posición:** sufren variaciones por la posición que tienen en cada momento los elementos que los conforman.
- **Fotoeléctricos:** pasan por cambios dependiendo de la luz que recae sobre estos.
- **Magnéticos:** por el campo magnético al que son sometidos tienden a generar su variación.
- **Temperatura:** varían acorde a la temperatura del lugar en el que son colocados.
- **Presión:** dependen de la presión a la cual son sometidos.
- **Movimiento:** experimentan cambios en función de la posición.
- **Químicos:** agentes químicos externos inciden sobre ellos generando las variaciones medibles.
- **Humedad:** son aquellos que experimentan variaciones acordes al nivel de humedad que existe en el sitio que los rodea.

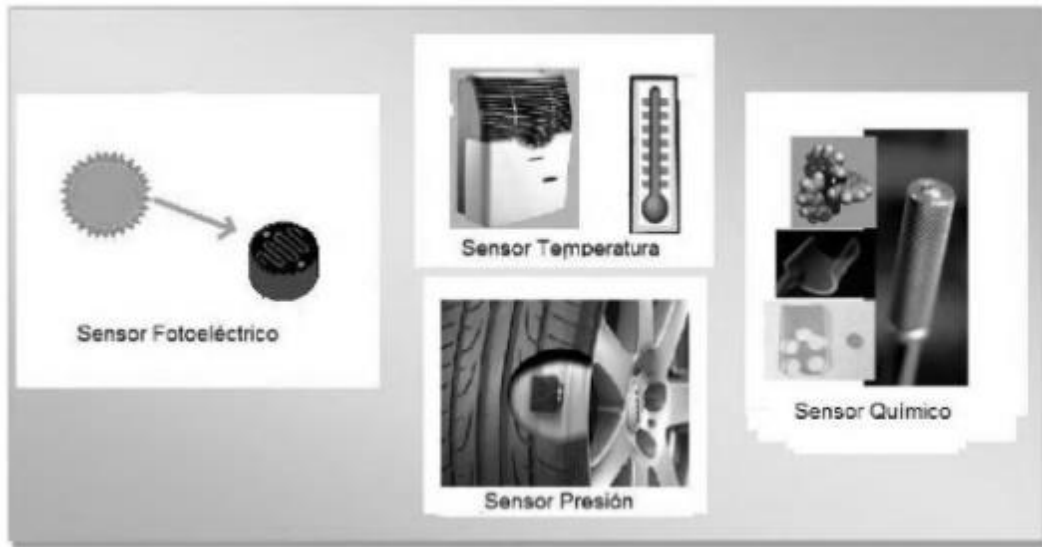


Fig. 14 Sensores atendiendo a la naturaleza de funcionamiento.

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, J. C. Rico Noguera.

Por los elementos de su fabricación:

- **Mecánicos:** usan contactos mecánicos que se abren o se cierran.
- **Inductivos:** utilizan bobinas para su funcionamiento.
- **Piezoeléctricos:** funcionan mediante el empleo de cristales como el cuarzo.
- **Semiconductores:** utilizan en su fabricación materiales semiconductores.
- **Resistivos:** trabajan mediante el empleo de elementos resistivos o de resistencia eléctrica.
- **Capacitivos:** fabricados con condensadores para su funcionamiento.

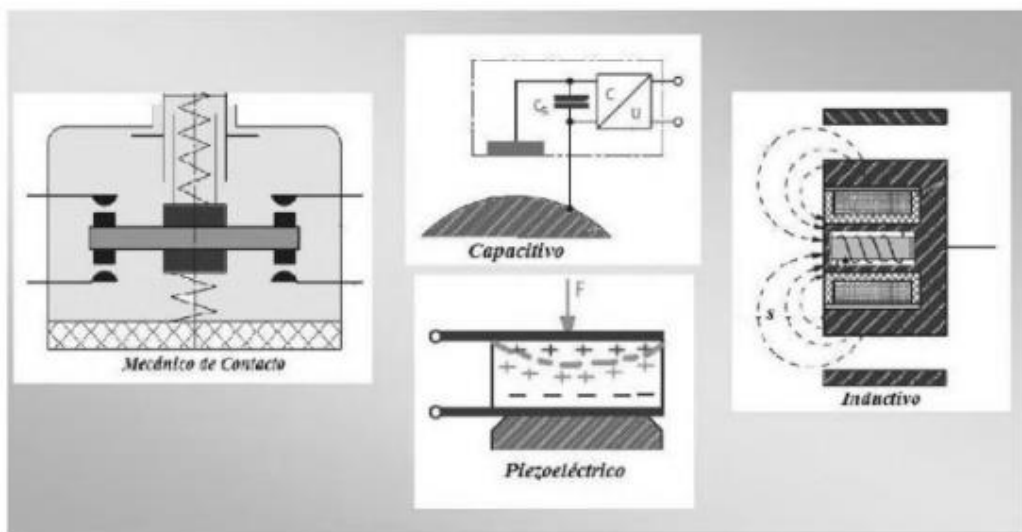


Fig. 15 Sensores atendiendo a los elementos de fabricación.

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Fuente: A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, J. C. Rico Noguera.

1.1.3.6.2. Características

Los sensores presentan diversas características para generar el mejor rendimiento dentro de las diversas aplicaciones que tienen:

- Rapidez en la respuesta.
- Múltiple instalación (lugar)
- Radio de acción
- Fiabilidad en el funcionamiento
- Tensiones de alimentación
- Consumo de corriente
- Márgenes de temperatura de funcionamiento
- Resistencia a agentes externos
- Relación calidad/precio

TABLA IX. Tipos de sensores acordes a la función de aplicación.

Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotorresistivos (LDR), Fotoeléctricos
Temperatura	Termistores (PCT, NTC, Semiconductores)
Humedad	Resistivos, Capacitivos
Posición/Inclinación	Mecánicos, Resistivos, Acelerómetros, Magnéticos
Presencia	Magnéticos, Infrarrojos, Ultrasonidos
Distancia	Infrarrojos, Ultrasonidos
Presión	Piezoeléctricos, Resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, Magnetoresistivos
Frío/Calor	Células Termoeléctricas (Peltier)
Químicos	Detectores de gas y humos

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Fuente: A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, J. C. Rico Noguera. [22]

1.1.3.7. Sensores eléctricos de humedad

En los últimos años se han desarrollado y patentado plataformas de sensores inalámbricos pequeños y rentables, originalmente se desarrolló teniendo en cuenta la agricultura, pero múltiples sectores industriales se están beneficiando de la capacidad de monitorear sus propios entornos subterráneos, independientemente de la temporada o las condiciones climáticas. Cualesquiera que sean sus necesidades de análisis y adquisición de datos subterráneos: agricultura, medición de compost a granel, gestión de riego de campos, detección de humedad en estructuras de concreto o monitoreo de terraplenes se logran con el uso de sensores de resistencia eléctrica y/o sensores capacitivos. Ya que brindan datos en sitio con lecturas instantáneas de humedad. [23]

1.1.3.7.1. Tipos de sensores de humedad

1.1.3.7.1.1. Sensor de resistencia eléctrica

Otro método que ha sido utilizado por muchos años para determinar el contenido de humedad en el suelo es la medición de la resistencia eléctrica, esto mediante sensores inalámbricos.

La idealización física de estos dispositivos es que el contenido de humedad se puede evaluar por la resistencia al movimiento corriente eléctrica entre 2 electrodos en contacto con el suelo. Se usa generalmente para detectar la humedad en la tierra o arena o cualquier sustrato permeable a la humedad. [3] Por lo tanto, es perfecto para construir un sistema de riego automático, en el área deportiva (control de césped en estadios), química (elaboración de abonos químicos), detección de humedad en estructuras de concreto, monitoreo de terraplenes o en este caso para controlar la humedad en diversos ensayos referentes a la Mecánica de Suelos de la Ingeniería Civil. A mayor contenido de agua en la tierra, menor es la resistencia. Es un método económico, simple y de fácil uso. [23]



Fig. 16 Sensor de humedad de suelo YL – 69.

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: Patagoniatec Electrónica. [24]

1.1.3.7.1.2. Sensor capacitivo

Permite medir las variaciones de la constante dieléctrica del suelo, usa un capacitor que contiene una sonda de un material conductor, a este sensor se aplica voltaje en un extremo, el material entre las sondas guarda una cantidad de voltaje. Un dispositivo captura el valor de voltaje almacenado entre las sondas.

Si el material entre las sondas es aire, el capacitor brinda un valor bajo (constante dieléctrica del aire). En agua la medida será alta (constante dieléctrica del agua mayor). En consecuencia, el contenido de agua es medido indirectamente al medir la constante dieléctrica, generando así el valor de humedad del suelo. [8]



Fig. 17 Sensor capacitivo V1.0.

Realizó: M. I. Martínez Inca.
Fuente: DFRobot Forum. [25]

1.1.4. Hipótesis

El uso de sensores electrónicos de humedad influye en la optimización del tiempo y la exactitud de resultados al realizar ensayos de contenido de humedad del suelo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Comparar la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la humedad natural en sitio mediante sensores electrónicos para diferentes suelos granulares del cantón Ambato.
- Determinar la humedad gravimétrica y densidad en sitio, granulometría, densidad seca máxima, humedad óptima y permeabilidad de las muestras de suelo.
- Determinar la humedad óptima mediante los sensores electrónicos de probetas de suelo obtenidas en el ensayo Proctor modificado.
- Contrastar numérica y gráficamente los resultados de los dos métodos utilizados para la medición tanto de la humedad in situ, como de la humedad óptima de las muestras de suelo estudiadas.
- Analizar la relación de la granulometría, permeabilidad y densidad de los suelos con su humedad en sitio, obtenida mediante los métodos indicados.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y equipos

TABLA X. Materiales y equipos.

ENSAYO	NORMA	EQUIPO	MATERIALES
Pozo a cielo abierto	AASHTO T 87-86 (2008)	Pala Barra Flexómetro Protección personal	Muestra in - situ
Densidad de campo (Método del cono y arena de Ottawa)	AASHTO T 191-14 (2018)	Cono Cinzel Placa metálica Cuchareta Balanza Martillo Clavos Brocha Fundas Plásticas	Muestra in - situ
Granulometría	AASHTO T88 (2019)	Tamizadora Tamiz #4, #8, #10, #16, #30, #40, #50, #60, #100, #200 y fuente Espátula Brocha Recipientes metálicos Horno con control de temperatura Balanza	Muestra cuarteada entre 200 a 1000 g.
Permeabilidad (Método de Lefranc: Somera de flujo variable descenso)	CFE 10000-73 (2015)	Azadón Barra Cavadora articulada Flexómetro Tubo de PVC Ø 4", longitud de 1m Bidón plástico Manguera Cronómetro Protección personal	Muestra in – situ Agua
Proctor modificado Tipo B	AASHTO T 180 (2019)	Molde Ø 6", base y collarín Martillo de compactación 4.5 kg Probeta graduada 1000 ml Palustre Regleta & Bandeja metálica Balanza Calibrador pie de rey Brocha Recipientes para contenido de humedad (aluminio o latón) Horno con control de temperatura	Muestra de suelo aproximadamente 24 kg que pase el tamiz #4 Agua

Contenido de humedad	AASHTO T 265-15 (2019)	Recipiente para humedad (aluminio o latón) Horno con control de temperatura	Muestra de suelo aproximadamente 200 g.
Experimentación			
Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo & Proctor modificado Tipo B)		Sensor resistivo: YL-69-Soil Moisture Sensor capacitivo: Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2	Muestra in-situ Muestra de suelo aproximadamente 24 kg que pase el tamiz #4 Agua

Realizo: M. I. Martínez Inca.



Fig. 18 Pozo a cielo abierto.

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 19 Densidad de campo (Método del cono y arena de Ottawa).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 20 Permeabilidad (Método de Lefranc: Somera de flujo variable descenso).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 21 Proctor modificado Tipo B.

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 22 Proctor modificado Tipo B.

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 23 Contenido de humedad.

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 24 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor resistivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 25 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor resistivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 26 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor resistivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.

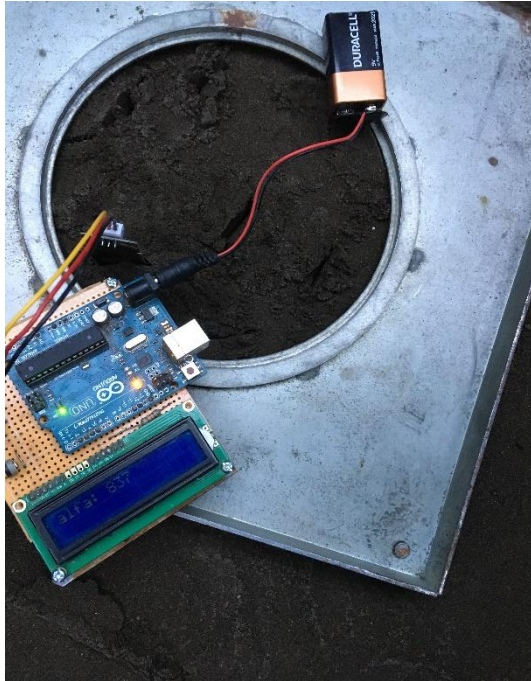


Fig. 27 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor capacitivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 28 Contenido de humedad (Proctor modificado Tipo B – Sensor resistivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 29 Contenido de humedad (Proctor modificado Tipo B – Sensor resistivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 30 Contenido de humedad (Muestras de Densidad de Campo – Sensor capacitivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.



Fig. 31 Contenido de humedad (Proctor modificado Tipo B – Sensor resistivo).

Realizó: M. I. Martínez Inca.

2.2. Métodos

La metodología establecida en el proyecto de titulación se describe como investigación experimental y detalla los siguientes niveles de investigación:

a. Nivel experimental

El valor de Contenido de Humedad del Suelo es un factor preponderante en el proceso de compactación de este, además de ser perjudiciales para las construcciones generando problemas de habitabilidad. Por consiguiente se procura correlacionarlo con las lecturas de sensores electrónicos que permitan alcanzar un valor confiable de forma más eficiente y rápida, solucionando este requerimiento al instante.

b. Nivel exploratorio

La indagación efectuada conserva sustentos preliminares, que sirven como guía para efectuar correlaciones obtenidas del contenido de humedad natural, además derivado de la lectura de sensores electrónicos en suelos granulares de la provincia de Tungurahua, así estimándolos como eficientes.

c. Nivel descriptivo

Al concluir el proyecto se generará evidencias de tipo cartográfico, mediante el uso de software (ArcGis), georreferenciando los puntos de los cuales se obtuvo las muestras de suelo para su análisis, detallando la pertenencia de su ubicación, tipo de suelo y detalle de lecturas brindadas por los sensores electrónicos.

d. Nivel explicativo

El resultado de la investigación proviene de la correlación de datos del ensayo Proctor modificado, Densidad de campo, Permeabilidad, Granulometría y Humedad natural. Permitiéndose así generar la calibración de los sensores electrónicos, resaltando que su uso beneficiará la toma de decisiones en campo o laboratorio con mayor rapidez y eficacia, además de la detección de humedad en estructuras de concreto y monitoreo de terraplenes.

e. Nivel analítico

Posterior a la ejecución de los ensayos se procesan los datos y se realizan análisis e interpretación de los resultados mediante gráficas y tablas, resaltando las correlaciones entre las propiedades analizadas.

Población

El área de estudio se delimita a suelos granulares del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, explícitamente en 15 parroquias rurales del mismo que se detallan a continuación:

- Parroquia Totoras con una superficie cercana a 8.418 km², posee un clima templado con una temperatura media de 14.5°C. Ubicado a 2661 m.s.n.m., en su división política tenemos los caseríos: La Dolorosa, Huachi Totoras y Totoras Centro. [26]
- Parroquia Montalvo con una superficie cercana a 10.45 km², posee un clima templado con una temperatura media entre 12 y 14°C. Ubicado a 2900 m.s.n.m., en su división política tenemos las zonas: Zona alta y zona baja. La zona alta está formada por las comunidades de: Palahua el Carmen, San Jacinto, Montalvo Centro y Amazonas. Zona Baja: San Francisco, La Esperanza, El Empalme, San Pedro, Luz de América. [27]
- Parroquia Pasa con una superficie cercana a 48.84 km², posee un clima templado con una temperatura media de 13.3°C. Ubicado en un rango altitudinal de 2713 m.s.n.m. a 4465 m.s.n.m., en su división política tenemos: la zona de Páramos, zona alta Rural: Lirio Langojín, Tiliví, Siguitag Punguloma, Siguitag Pucaucho, Castillo Cajamarca. Zona baja Rural: Cuatro Esquinas, Chillipata, Llullaló, Mogato, Caserío Quindivana. Zona Urbana: Centro parroquial. [28]
- Parroquia Pilahuín con una superficie cercana a 421.56 km², posee un clima ecuatorial de alta montaña con una temperatura media de 4°C. Ubicado en un rango altitudinal de 3300 m.s.n.m. a 4400 m.s.n.m., en su división política tenemos las comunidades: Nueva Vida, San Antonio, Rumipata, Pucara, Echaleche, San Isidro, Mulanleo, Pilahuín Centro, 10 de Octubre, Cunuyacu, Llangahua, Tamboloma, Lindero, Yatzaputzan, La Esperanza. [29]
- Parroquia Juan Benigno Vela con una superficie cercana a 48.19 km², posee un clima templado con una temperatura media entre 4 y 14°C. Ubicado a 3100 m.s.n.m., en su división política tenemos las comunidades: San Francisco, Centro Parroquia, Patalo Alto, San Pedro, San Luis, San Alfonso, Chacapungo, San Miguel. [30]

- Parroquia Santa Rosa con una superficie cercana a 31.35 km², posee un clima templado seco con una temperatura media de 12.5°C. Ubicado en un rango altitudinal de 2300 m.s.n.m. a 4200 m.s.n.m., en su división política tenemos las comunidades: Angahuana Alto, Angahuana Bajo, Apatug, Cuatro Esquinas, El Quinche, San Pablo, Yaculoma San Vicente, Misquilli, Miñarica San José, Miñarica Elevación. [31]
- Parroquia Augusto Martínez con una superficie cercana a 38.38 km², posee un clima Ecuatorial mesotérmico semihúmedo con una temperatura media entre 12 y 13°C. Ubicado en un rango altitudinal de 2640 m.s.n.m. a 4120 m.s.n.m., en su división política tenemos las comunidades: Calhua Grande, Llantatoma, Cabecera Parroquial, Samanga, Pondoá, etc. [32]
- Parroquia Constantino Fernández con una superficie cercana a 20.21 km², posee un clima Ecuatorial mesotérmico Semi-Húmedo con una temperatura media entre 20 y 23°C. Ubicado a 3023 m.s.n.m., en su división política tenemos: el caserío La Libertad, los barrios: San José, San Vicente, Sevilla, San Mateo, Centro Parroquial, Inapisi, etc. [33]
- Parroquia San Bartolomé de Pinllo con una superficie cercana a 12.5 km², posee un clima Ecuatorial mesotérmico Semi-Húmedo con una temperatura media entre 13 y 15°C. Ubicado en un rango altitudinal de 2567 m.s.n.m. a 4152 m.s.n.m. [34]
- Parroquia Ambatillo con una superficie cercana a 12.89 km², posee un clima templado con una temperatura media entre 8 y 15°C. Ubicado en un rango altitudinal de 2808 m.s.n.m. a 4100 m.s.n.m. [35]
- Parroquia Quisapincha con una superficie cercana a 119.9 km², posee un clima templado y frío con una temperatura media de 12°C. Ubicado a 3000 m.s.n.m., en su división política tenemos 18 comunidades que son: Calhuasig Chico, Calhuasig Grande, Illagua Chico, Illagua Chaupiloma, Illagua Grande, Nueva Tondolique, El Galpón, Putugleo, Ambayata, Pucará Chico, Pucará Grande, Cachilvana Grande, Cachilvana Chico, Puganza, Santa Rosapamba, Condezán, Quindialó, Santa Cruz de Chumalica. [36]
- Parroquia Huachi Grande con una superficie cercana a 14.46 km², posee un clima Ecuatorial Mesotérmico Seco con una temperatura media entre 10 y 14°C. Ubicado en un rango altitudinal de 2000 m.s.n.m. a 3000 m.s.n.m. [37]

- Parroquia Picaihua con una superficie cercana a 15.24 km², posee un clima templado con una temperatura media entre 14 y 16°C. Ubicado a 2600 m.s.n.m. [38]
- Parroquia Izamba con una superficie cercana a 27.2 km², posee un clima templado con una temperatura media entre 15°C. Ubicado a 2500 m.s.n.m. [39]
- Parroquia Atahualpa con una superficie cercana a 9.34 km², posee un clima templado húmedo seco con una temperatura media de 16°C. Ubicado a 2700 m.s.n.m. [40]

Se pretende con el desarrollo del presente proyecto identificar el tipo de suelo existente en las parroquias rurales de la provincia y sus correspondientes propiedades índice y mecánicas, parte de éstas determinadas mediante el uso de sensores electrónicos y así establecer correlaciones entre sí.

Muestra

En las 15 muestras tomadas en campo en las parroquias rurales, se elaboraron pozos a cielo abierto para la extracción del suelo, eligiéndose una vía por cada parroquia para la ejecución del proyecto.

Para georreferenciar cada muestra se fundamenta en el sistema UTM (Universal Transversal de Mercator), detallando que para la provincia de Tungurahua pertenece un DATUM (WGS 84 Zona 17 Sur).

TABLA XI. Ubicación de calicatas.

N° CALICATA	UBICACIÓN	N° MUESTRAS	COORDENADAS UTM 17M		
	PARROQUIA		Norte (m)	Este (m)	Profundidad
1	Totoras	1	9854168	767080	1.00 m
2	Montalvo	1	9853353	765860	0.90 m
3	Pasa	1	9858559	752063	1.00 m
4	Pilahuín	1	9856160	752538	0.70 m
5	Juan Benigno Vela	1	9855783	756518	0.80 m
6	Santa Rosa	1	9858254	760332	1.00 m
7	Augusto N. Martínez	1	9866162	764560	0.80 m
8	Constantino Fernández	1	9866941	762483	0.85 m
9	San Bartolomé de Pinllo	1	9863397	762193	0.95 m
10	Ambatillo	1	9862802	760124	0.70 m
11	Quisapincha	1	9861791	758732	0.95 m
12	Huachi Grande	1	9855294	763322	1.00 m
13	Picaihua	1	9860157	770459	1.00 m
14	Izamba	1	9865306	771251	1.00 m
15	Atahualpa	1	9866574	766169	0.90 m

Realizo: M. I. Martínez Inca.

2.2.1. Plan de recolección de datos

TABLA XII. Plan de recolección de información.

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Comparar la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato.
¿A quiénes?	A las muestras tomadas en las parroquias rurales del cantón Ambato. (Tabla XI)
¿Sobre qué aspectos?	El Contenido de humedad natural, Densidad in situ, Granulometría, Proctor modificado, Coeficiente de permeabilidad y Contenido de humedad usando sensores electrónicos, se detallan entre los ensayos de campo y laboratorio a emplearse en el presente proyecto.
¿Quién?	El investigador
¿Cuándo?	Ensayos de campo y laboratorio del 24 de agosto al 30 de septiembre, procesamiento y análisis de información desde septiembre a noviembre.
¿Dónde?	Parroquias: Totoras, Montalvo, Pasa, Pilahuín, Juan Benigno Vela, Santa Rosa, Augusto N. Martínez, Constantino Fernández, San Bartolomé de Pinillo, Ambatillo, Quisapincha, Huachi Grande, Picaihua, Izamba y Atahualpa para las muestras in situ, y el Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	Se procede a retirar la capa vegetal y se realiza el ensayo de Densidad de Campo por el método de Cono de Arena bajo la norma AASHTO T 191-14 (2018), a la par de ello se toman lecturas con los sensores electrónicos, detallando que ambos ensayos son realizados in situ. Entonces se toman las muestras de suelo, 50 kg generalmente para los ensayos de laboratorio. Pasar la muestra de suelo a través del tamiz #4 y colocarla en una bandeja para su secado.

	<p>En cuanto al análisis granulométrico se toma una muestra representativa de suelo, está debiendo estar seca para ser colocada en el juego de tamices en forma descendente, después se coloca la muestra en la tamizadora como se establece en la norma AASHTO T 88 (2019).</p> <p>Al determinar el óptimo contenido de humedad del suelo es requerido mínimo cuatro puntos, tres de los cuales deberán generar un pico y el siguiente menor al máximo, acorde a la norma AASHTO T 180 (2019) del ensayo Proctor modificado, en simultáneo de dicho ensayo se tomarán lecturas con los sensores electrónicos, tanto al superior como al inferior del cilindro en los cuatro puntos detallados anteriormente para el análisis comparativo.</p> <p>Para contrastar el Coeficiente de permeabilidad (Método de Lefranc: Somera de flujo variable descenso), se realizará un hueco de 90cm junto a la calicata de donde se obtuvo las muestras en campo, se coloca una tubería de 4" con 90 cm de longitud, tapándola con tierra por los bordes y llenándola de agua, manteniendo una carga de agua constante por el intervalo de 1h (tiempo de saturación), realizar mediciones después del tiempo de saturación cada 600 segundos y llenando hasta el borde de la tubería el agua para cuantificar el nivel de líquido que ha descendido, todo ello bajo la norma CFE 10000-73 (2015).</p>
--	---

Realizo: M. I. Martínez Inca.

2.2.2. Plan de procesamiento y análisis de información

Al procesar y analizar la información recabada mediante los ensayos de campo y laboratorio, se utilizó el Software Microsoft Excel, en el que se diseñan formatos de presentación de datos para cada una de las pruebas o ensayos realizados: Contenido de humedad, Densidad de campo, Granulometría, Proctor Modificado B y Contenido de humedad con sensores electrónicos.

Para cuantificar y cualificar la correlación que poseen entre sí, las propiedades mecánicas, índices y el uso de sensores electrónicos que se hallaron al procesar los datos, se ejecutan correlaciones entre 2 y 3 variables, conocidas como simple y múltiples, correspondientemente.

El propósito de generar correlaciones entre las propiedades del suelo estudiadas es proponer curvas de regresión para un respectivo monto de muestras, estas detalladas mediante modelos matemáticos, que permitirán dar una idea realmente aproximada de las propiedades del suelo obtenidas en este caso por el uso de sensores electrónicos, pudiendo llegar a convertirse en ahorro de tiempo y dinero.

En correlaciones de 2 variables se pretende obtener el valor de coeficiente de correlación (r %), mediante el uso del software Microsoft Excel y líneas de tendencia; en el caso de correlaciones de 3 variables se usó el método de mínimos cuadrados, lográndose así el coeficiente de determinación (R^2).

El desenlace de dicho análisis dicta que las correlaciones se logran representar como: lineales, logarítmicas, potenciales, exponenciales y polinómicas de segundo grado, ocupándose esta última en correlaciones simples. Ingresan en un rango admisible los análisis que brindan un coeficiente mayor a 50% ($R^2 = 50\%$).

Adicionalmente de cualifica a las correlaciones como: Regular, Buena, Muy buena, Aceptable y Excelente, esto acorde al siguiente recuadro:

TABLA XIII. Rango cualitativo del coeficiente de determinación.

Valor de R^2	Interpretación
$1.00 \geq R^2 \leq 0.90$	Excelente
$0.90 \geq R^2 \leq 0.80$	Aceptable
$0.80 \geq R^2 \leq 0.70$	Muy buena
$0.70 \geq R^2 \leq 0.60$	Buena
$0.60 \geq R^2 \leq 0.50$	Regular

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

Métodos para determinación de correlaciones múltiples

Se determinan mediante 3 variables descritas en la siguiente forma:

X = Variable dependiente

Y = Variable dependiente

Z = Variable independiente

Adicionalmente, acorde al tipo de correlación se emplea los siguientes recuadros y sus pertinentes ecuaciones:

a. Correlación lineal múltiple

TABLA XIV. Formato para cálculo de correlación lineal múltiple.

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$					
X_1	X_2	Y	$X_1 * Y$	$X_2 * Y$	$X_1 * X_2$	X_1^2	X_2^2	Y^2
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma(X_1 * Y)$	$\Sigma(X_2 * Y)$	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_1^2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(Y^2)$

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

El sistema de ecuaciones por solucionar mediante mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1 + b_2 \Sigma X_2 = \Sigma Y$$

$$a \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma(X_1 * X_2) = \Sigma(X_1 * Y)$$

$$a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma(X_1 * X_2) + b_2 \Sigma X_2^2 = \Sigma(X_2 * Y)$$

Dicho sistema de ecuaciones se analiza por medio del método de matriz inversa, obteniendo los 3 factores y forjando la ecuación de correlación.

TABLA XV. Sistema de ecuaciones de correlación lineal múltiple.

a	b_1	b_2	=
n	ΣX_1	ΣX_2	ΣY
ΣX_1	$\Sigma(X_1^2)$	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_1 * Y)$
ΣX_2	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(X_2 * Y)$

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

$$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$$

Inmediatamente se obtiene el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y + b_1 * \Sigma(X_1 * Y) + b_2 * \Sigma(X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\Sigma Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

b. Correlación múltiple de tipo logarítmica

TABLA XVI. Formato para cálculo de correlación logarítmica múltiple.

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	ECUACIÓN MÚLTIPLE DE TIPO LOGARÍTMICA			Y = a + b ₁ *log(X ₁) + b ₂ *X ₂			
X ₁	X ₂	Y	X ₁ '=LOG(X ₁)	X ₁ '*Y	X ₂ *Y	X ₁ '*X ₂	X ₁ ' ²	X ₂ ²	Y ²
ΣX ₁	ΣX ₂	ΣY	ΣX ₁ '	Σ(X ₁ '*Y)	Σ(X ₂ *Y)	Σ(X ₁ '*X ₂)	Σ(X ₁ ' ²)	Σ(X ₂ ²)	Σ(Y ²)

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

El sistema de ecuaciones por solucionar mediante mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \sum X_1' + b_2 \sum X_2 = \sum Y$$

$$a \sum X_1' + b_1 \sum X_1'^2 + b_2 \sum (X_1' * X_2) = \sum (X_1' * Y)$$

$$a \sum X_2 + b_1 \sum (X_1' * X_2) + b_2 \sum X_2^2 = \sum (X_2 * Y)$$

Dicho sistema de ecuaciones se analiza por medio del método de matriz inversa, obteniendo los 3 factores y forjando la ecuación de correlación.

TABLA XVII. Sistema de ecuaciones de correlación logarítmica múltiple.

a	b ₁	b ₂	=
n	ΣX ₁ '	ΣX ₂	ΣY
ΣX ₁ '	Σ(X ₁ ' ²)	Σ(X ₁ '*X ₂)	Σ(X ₁ '*Y)
ΣX ₂	Σ(X ₁ '*X ₂)	Σ(X ₂ ²)	Σ(X ₂ *Y)

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

$$Y = a + b_1 * \log (X_1) + b_2 * X_2$$

Inmediatamente se obtiene el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \sum Y + b_1 * \sum (X_1' * Y) + b_2 * \sum (X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\sum Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

c. Correlación múltiple de tipo potencial

TABLA XVIII. Formato para cálculo de correlación potencial múltiple.

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	ECUACIÓN MÚLTIPLE DE TIPO POTENCIAL			Y = a + b ₁ *X ₁ + b ₂ *X ₂					
			X ₁	X ₂	Y	X ₁ '*Y'	X ₂ '*Y'	X ₁ '*X ₂ '	X ₁ ' ²	X ₂ ' ²	Y' ²
X ₁	X ₂	Y	X ₁ '=LOG(X ₁)	X ₂ '=LOG(X ₂)	Y'=LOG(Y)						
ΣX ₁	ΣX ₂	ΣY	ΣX ₁ '	ΣX ₂ '	ΣY'	Σ(X ₁ '*Y')	Σ(X ₂ '*Y')	Σ(X ₁ '*X ₂)	Σ(X ₁ ' ²)	Σ(X ₂ ' ²)	Σ(Y' ²)

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

El sistema de ecuaciones por solucionar mediante mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \sum X_1' + b_2 \sum X_2' = \sum Y'$$

$$a \sum X_1' + b_1 \sum X_1'^2 + b_2 \sum (X_1' * X_2') = \sum (X_1' * Y')$$

$$a \sum X_2' + b_1 \sum (X_1' * X_2') + b_2 \sum X_2'^2 = \sum (X_2' * Y')$$

Dicho sistema de ecuaciones se analiza por medio del método de matriz inversa, obteniendo los 3 factores y forjando la ecuación de correlación.

TABLA XIX. Sistema de ecuaciones de correlación potencial múltiple.

a	b ₁	b ₂	=
n	ΣX ₁ '	ΣX ₂ '	ΣY'
ΣX ₁ '	Σ(X ₁ ' ²)	Σ(X ₁ '*X ₂)	Σ(X ₁ '*Y')
ΣX ₂ '	Σ(X ₁ '*X ₂)	Σ(X ₂ ' ²)	Σ(X ₂ '*Y')

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

$$\log(Y) = \log(a) + b_1 * \log(X_1) + b_2 * \log(X_2)$$

Simplificando el logaritmo se tiene:

$$Y = \ln(a) + (X_1)^{b_1} + (X_2)^{b_2}$$

Inmediatamente se obtiene el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \sum Y' + b_1 * \sum (X_1' * Y') + b_2 * \sum (X_2' * Y') - n * (Y'_{med})^2}{\sum Y'^2 - n * (Y'_{med})^2}$$

d. Correlación múltiple de tipo exponencial

TABLA XX. Formato para cálculo de correlación exponencial múltiple.

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	ECUACIÓN MÚLTIPLE DE TIPO EXPONENCIAL			Ln(Y) = Ln(a) + b ₁ *X ₁ + b ₂ *X ₂			
X ₁	X ₂	Y	Y'=LOG(Y)	X ₁ *Y'	X ₂ *Y'	X ₁ *X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	Y' ²
ΣX ₁	ΣX ₂	ΣY	ΣY'	Σ(X ₁ *Y')	Σ(X ₂ *Y')	Σ(X ₁ *X ₂)	Σ(X ₁ ²)	Σ(X ₂ ²)	Σ(Y' ²)

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

El sistema de ecuaciones por solucionar mediante mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 = \sum Y'$$

$$a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum (X_1 * X_2) = \sum (X_1 * Y')$$

$$a \sum X_2 + b_1 \sum (X_1 * X_2) + b_2 \sum X_2^2 = \sum (X_2 * Y')$$

Dicho sistema de ecuaciones se analiza por medio del método de matriz inversa, obteniendo los 3 factores y forjando la ecuación de correlación.

TABLA XXI. Sistema de ecuaciones de correlación lineal múltiple.

a	b ₁	b ₂	=
n	ΣX ₁	ΣX ₂	ΣY'
ΣX ₁	Σ(X ₁ ²)	Σ(X ₁ *X ₂)	Σ(X ₁ *Y')
ΣX ₂	Σ(X ₁ *X ₂)	Σ(X ₂ ²)	Σ(X ₂ *Y')

Realizo: M. I. Martínez Inca.
Fuente: R. Murray, J. Larry. [41]

$$Ln(Y) = Ln(a) + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$$

Inmediatamente se obtiene el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \sum Y' + b_1 * \sum (X_1 * Y') + b_2 * \sum (X_2 * Y') - n * (Y'_{med})^2}{\sum Y'^2 - n * (Y'_{med})^2}$$

[41], [42]

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente análisis, se lleva a cabo mediante los ensayos efectuados en las 15 parroquias rurales del cantón Ambato seleccionadas, obteniéndose así propiedades índice y mecánicas de los suelos de las parroquias: Totoras, Montalvo, Pasa, Pilahuín, Juan Benigno Vela, Santa Rosa, Augusto N. Martínez, Constantino Fernández, San Bartolomé de Pinlo, Ambatillo, Quisapincha, Huachi Grande, Picaihua, Izamba y Atahualpa.

3.1.1. Propiedades índice

3.1.1.1. Densidad de campo

Se realizó el ensayo del cono de arena de Ottawa, para obtener la densidad seca in-situ del suelo. Adicionalmente partiendo de este ensayo se logra conseguir propiedades como contenido de humedad natural, porosidad, relación de vacíos, grado de saturación del aire y grado de saturación del agua.

TABLA XXII. Resumen propiedades índice.

ENSAYO					Densidad de Campo			
N°	Parroquia	Ubicación			W (%)	Wnat SR	Wnat SC	ym (g/cm ³)
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad				
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	4.47	842.75	835.33	1.503
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	3.76	943.33	845.10	1.511
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	13.52	677.67	794.25	1.992
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	28.61	351.00	779.33	1.798
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	13.44	941.50	780.33	1.675
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	8.92	731.50	756.75	1.445
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	21.40	321.33	869.67	1.599
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	13.32	474.50	843.00	1.495
9	San Bartolomé de Pinlo	9863397	762193	0.95 m	11.06	852.33	848.50	1.404
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	18.54	641.50	815.33	2.100
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	20.26	401.00	716.50	1.390
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	8.97	728.00	847.00	1.499
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	5.48	803.50	852.50	1.478
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	19.63	621.50	857.67	1.744
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	10.71	943.50	822.00	1.612

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXIII. Resumen propiedades índice.

N°	ENSAYO				Densidad de Campo				
	Parroquia	Ubicación			γ_d (g/cm ³)	e	n (%)	Gw (%)	Ga (%)
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad					
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	1.439	0.87	46.41	17.95	82.05
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	1.457	0.82	45.06	12.34	87.66
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	1.754	0.57	36.51	84.63	15.37
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	1.398	0.91	47.68	86.27	13.73
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	1.477	0.82	45.03	48.46	51.54
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	1.327	1.03	50.78	27.73	72.27
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	1.317	0.95	48.84	49.84	50.16
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	1.319	1.02	50.61	36.78	63.22
9	San Bartolomé de Pinillo	9863397	762193	0.95 m	1.264	1.04	51.08	21.04	78.96
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	1.771	0.48	32.30	94.61	5.39
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	1.156	1.31	56.72	42.90	57.10
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	1.375	0.94	48.50	27.65	72.35
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	1.402	0.95	48.70	24.43	75.57
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	1.458	0.84	45.72	66.91	33.09
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	1.456	0.85	46.05	39.68	60.32

Realizo: M. I. Martínez Inca.

El rango obtenido para la humedad natural está entre 3.76% - 28.61%, esto nos indica que se tiene bajo contenido de humedad y no están lejanos con los rangos típicos que presentan los suelos granulares, los mismos que están entre un (15 – 20) %.

En cuanto, al contenido de humedad natural alcanzado mediante el sensor resistivo, es un rango de 321.33 – 943.50, lo cual se encuentra en el rango de trabajo del sensor resistivo, teniendo un rango de 0 – 1024, siendo 1024 el valor con bajo o nulo contenido de humedad y 0 con un alto contenido de humedad del suelo.

El contenido de humedad natural logrado mediante el sensor capacitivo, tiene un rango de 716.50 – 869.67, lo cual se encuentra en el rango de trabajo del sensor capacitivo, teniendo un rango de 696 – 900, siendo 900 el valor con bajo o nulo contenido de humedad y 696 con un alto contenido de humedad del suelo.

La densidad húmeda presenta un rango de (1.390 – 2.100) g/cm³, por otra parte, la densidad seca in-situ posee un rango de (1.156 – 1.771) g/cm³. Dichos valores obtenidos son típicos para suelos granulares.

En la relación de vacíos se obtuvo un rango de 0.48 – 1.31, rangos que no se alejan a los valores propios para suelos granulares que están entre 0.43 – 0.67.

En porosidad se tiene un rango entre (32.30 – 56.72) %, los cuales están en el rango de arenas limpias y uniformes entre (29 – 50) %.

Para el grado de saturación del agua se obtuvo rangos entre (12.34 – 94.61) %, con la mayoría de los datos alrededor del 45%, lo que significa que el suelo está en menor cantidad saturado de agua.

La saturación del aire posee rangos entre (5.39 - 87.66) %, con valores que bordean en la mayoría el 60%, lo cual indica que el suelo está en mayor cantidad saturado de aire.

3.1.1.2. Granulometría

En el análisis de granulométrico de las muestras de suelo se logró la presente distribución de partículas:

TABLA XXIV. Resumen granulometría.

N°	ENSAYO				Granulometría					Permeabilidad	
	Parroquia	Ubicación			D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	Cu	Cc	k (cm/s)	Gp
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad							
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	N/A	N/A	0.075	N/A	N/A	5.46E-07	Muy Baja
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	0.043	0.095	0.238	5.535	0.882	2.39E-06	Baja
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	N/A	N/A	0.300	N/A	N/A	N/A	N/A
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	N/A	N/A	0.075	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	N/A	N/A	0.300	N/A	N/A	9.84E-07	Muy Baja
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	0.030	0.047	0.091	3.033	0.809	6.82E-07	Muy Baja
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	0.009	0.021	0.080	8.889	0.613	N/A	N/A
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	0.005	0.011	0.044	9.778	0.611	N/A	N/A
9	San Bartolomé de Pinlo	9863397	762193	0.95 m	N/A	N/A	0.160	N/A	N/A	N/A	N/A
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	N/A	N/A	0.200	N/A	N/A	N/A	N/A
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	0.013	0.035	0.160	12.308	0.589	N/A	N/A
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	0.008	0.026	0.150	18.750	0.563	2.16E-06	Baja
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	0.029	0.050	0.115	3.966	0.750	N/A	N/A
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	N/A	N/A	0.075	N/A	N/A	N/A	N/A
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	N/A	N/A	0.250	N/A	N/A	N/A	N/A

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXV. Resumen granulométría.

N°	Parroquia	ENSAYO			Granulometría					
		Ubicación			SUCS			AASHTO		
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad	G (%)	S (%)	F (%)	G (%)	S (%)	F (%)
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	0.00	40.61	59.39	1.00	39.61	59.39
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	0.00	74.79	25.21	0.17	74.62	25.21
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	17.88	35.72	46.40	24.16	29.44	46.40
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	1.80	37.81	60.39	7.39	32.22	60.39
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	0.00	59.33	40.67	10.78	48.55	40.67
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	0.00	48.44	51.56	0.13	48.31	51.56
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	0.44	40.68	58.88	0.96	40.16	58.88
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	0.00	28.06	71.94	0.00	28.06	71.94
9	San Bartolomé de Pinlo	9863397	762193	0.95 m	0.97	53.59	45.44	2.57	51.99	45.44
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	0.00	52.95	47.05	10.38	42.58	47.05
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	0.00	55.20	44.80	1.01	54.19	44.80
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	0.00	52.14	47.86	3.62	48.51	47.86
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	0.00	55.40	44.60	0.16	55.24	44.60
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	0.00	40.13	59.87	2.10	38.03	59.87
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	0.00	49.75	50.25	12.40	37.35	50.25

Realizo: M. I. Martínez Inca.

En el siguiente gráfico, se presenta el rango del porcentaje de partículas que pasa por cada tamiz:

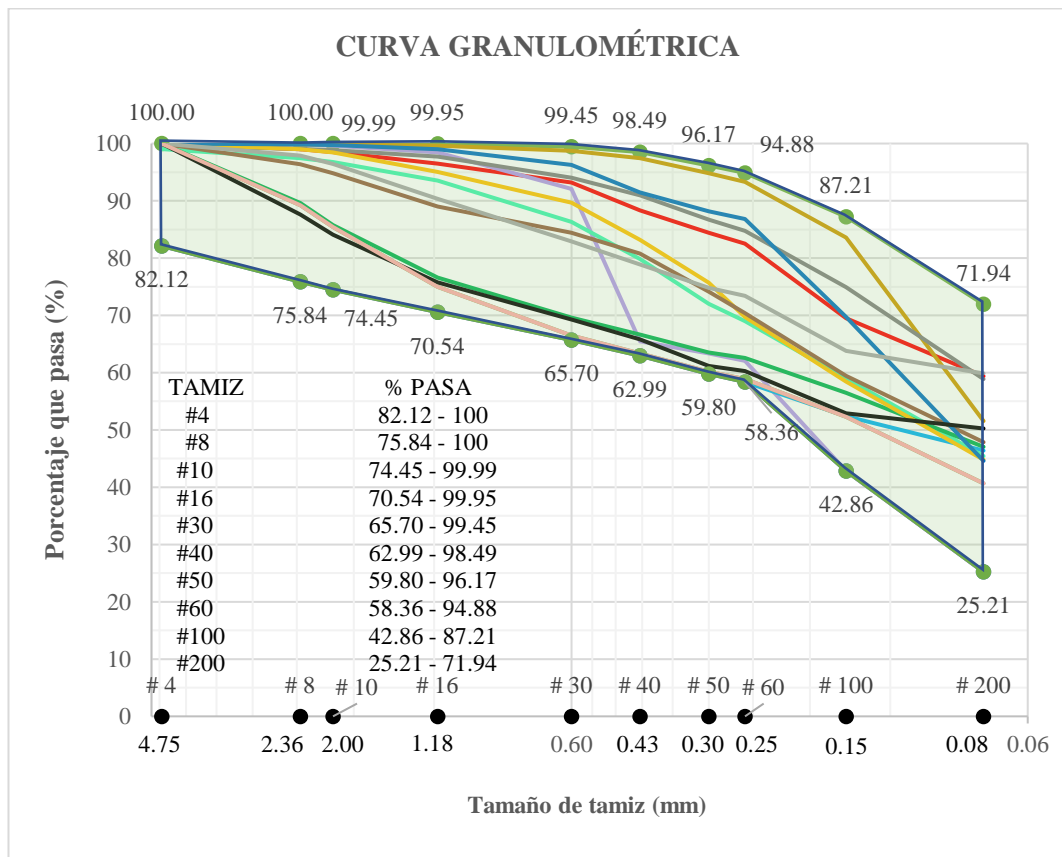


Fig. 32 Rangos granulométricos de muestras ensayadas.

Realizo: M. I. Martínez Inca.

En las diversas granulometrías analizadas los suelos contienen entre (0 – 17.88) % de gravas, además de un porcentaje del (28.06 – 74.79) % de arena y un contenido de finos que oscila entre el (25.21 – 71.94) %.

El coeficiente de uniformidad de las muestras analizadas oscila entre (3.03 – 18.75), en consecuencia 5 suelos tienen granulometría uniforme, mientras que los 10 restantes poseen una granulometría poco uniforme.

En correspondencia al coeficiente de curvatura, varía en (0.56 – 0.88), esto fuera del rango permitido (1 – 3), clasificándose como suelos mal graduados.

Al analizar el coeficiente de Permeabilidad del suelo, se logró un rango de alcance de (5.46E-07 – 2.39E-06) cm/s, por consecuente 3 muestras presentan un Grado de permeabilidad (Gp): muy bajo, mientras que 2 muestras describen un Grado de permeabilidad: bajo.

3.1.1.3. Límites de Atterberg

Para establecer la plasticidad del suelo se analizó los Límites de Atterberg, por uno de los principales factores para la clasificación de este.

TABLA XXVI. Resumen límites de Atterberg.

ENSAYO					Límites de Atterberg		
N°	Parroquia	Ubicación			LL (%)	LP (%)	IP (%)
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad			
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	25.89	22.42	3.47
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	28.64	27.47	1.17
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	32.42	30.60	1.82
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	27.58	25.06	2.53
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	29.14	25.32	3.81
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	20.01	18.95	1.06
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	24.67	23.42	1.25
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	22.40	20.69	1.71
9	San Bartolomé de Pinlo	9863397	762193	0.95 m	29.12	26.33	2.79
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	29.70	21.02	8.69
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	27.20	21.42	5.78
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	21.52	18.44	3.07
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	21.24	18.22	3.02
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	21.75	20.02	1.73
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	21.91	20.83	1.08

Realizo: M. I. Martínez Inca.

En referencia a la plasticidad de los suelos el Límite líquido varía entre (20.01 – 32.42) %, por otro lado, el Límite plástico oscila entre (18.22 – 30.60) %, obteniéndose así un Índice plástico con un rango que fluctúa entre (1.06 – 8.69) %.

3.1.2. Clasificación de los suelos

Las muestras de suelo analizadas se clasificaron en función de los límites de Atterberg y el análisis granulométrico detallado previamente, se cataloga a los suelos en correspondencia al sistema SUCS y AASHTO.

TABLA XXVII. Resumen clasificación AASHTO – SUCS.

N°	Parroquia	ENSAYO			Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
		Ubicación				
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad		
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	A-2-4	SM
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	A-2-4	SM
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	A-2-4	SM
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	A-2-4	SM
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	A-2-4	SM
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	A-2-4	SM
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	A-2-4	SM
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	A-2-4	SM
9	San Bartolomé de Pinlo	9863397	762193	0.95 m	A-2-4	SM
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	A-2-4	SC
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	A-2-4	SM, SC
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	A-2-4	SM
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	A-2-4	SM
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	A-2-4	SM
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	A-2-4	SM

Realizo: M. I. Martínez Inca.

La ubicación de las muestras de suelo en la Carta de plasticidad de la SUCS se muestra en el siguiente gráfico:

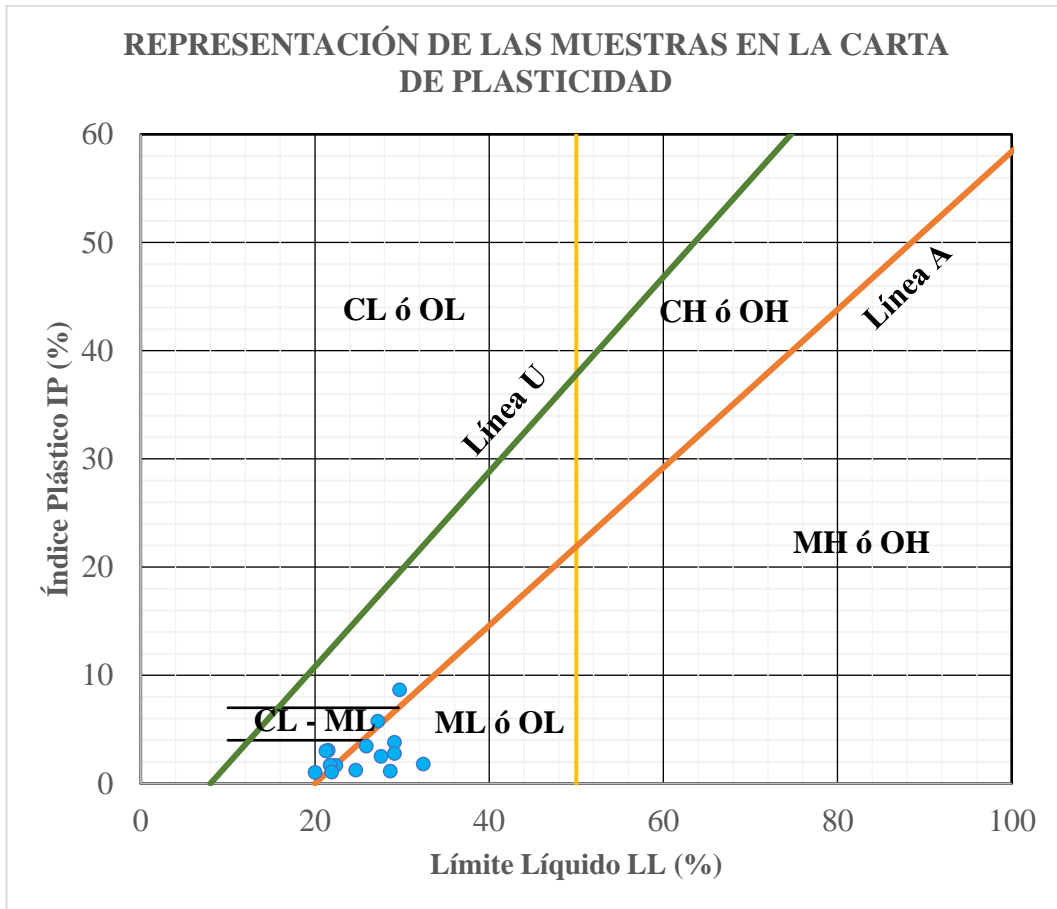


Fig. 33 Carta de plasticidad con muestras ensayadas.

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Para la clasificación determinada por la AASHTO, los ejemplares de suelo están en el grupo A-2-4(0), las muestras se denotan en el grupo de “Grava y arena limosa o arcillosa”.

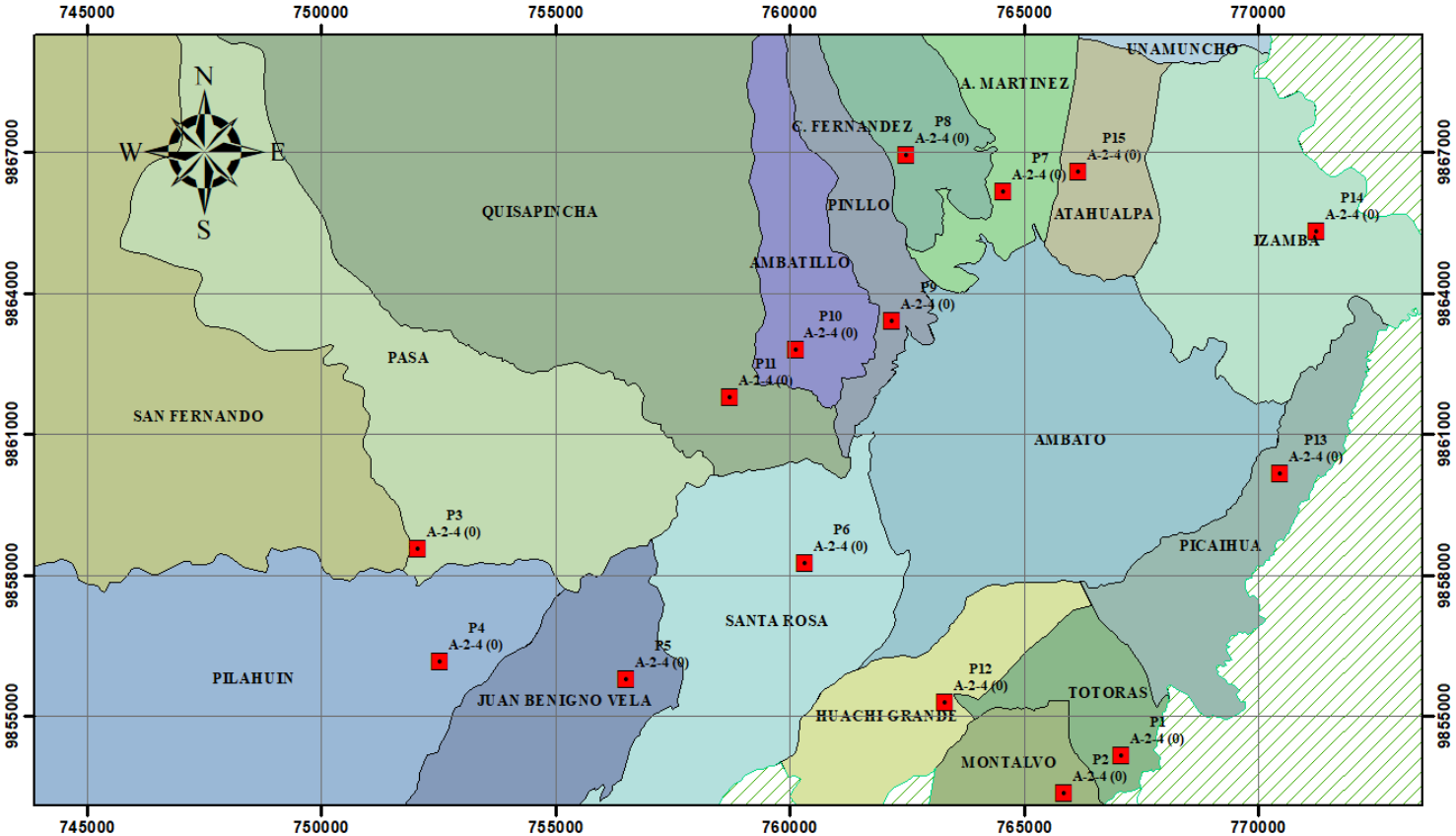


Fig. 34 Suelos en las parroquias según AASHTO.

Realizo: M. I. Martínez Inca.

En correspondencia a la clasificación SUCS, 13 muestras pertenecen al grupo SM (Arenas limosas), mientras que 1 muestra pertenece a la clasificación SC (Arenas arcillosas) y 1 última muestra posee un doble símbolo SM, SC (Arenas limosas - arcillosa).

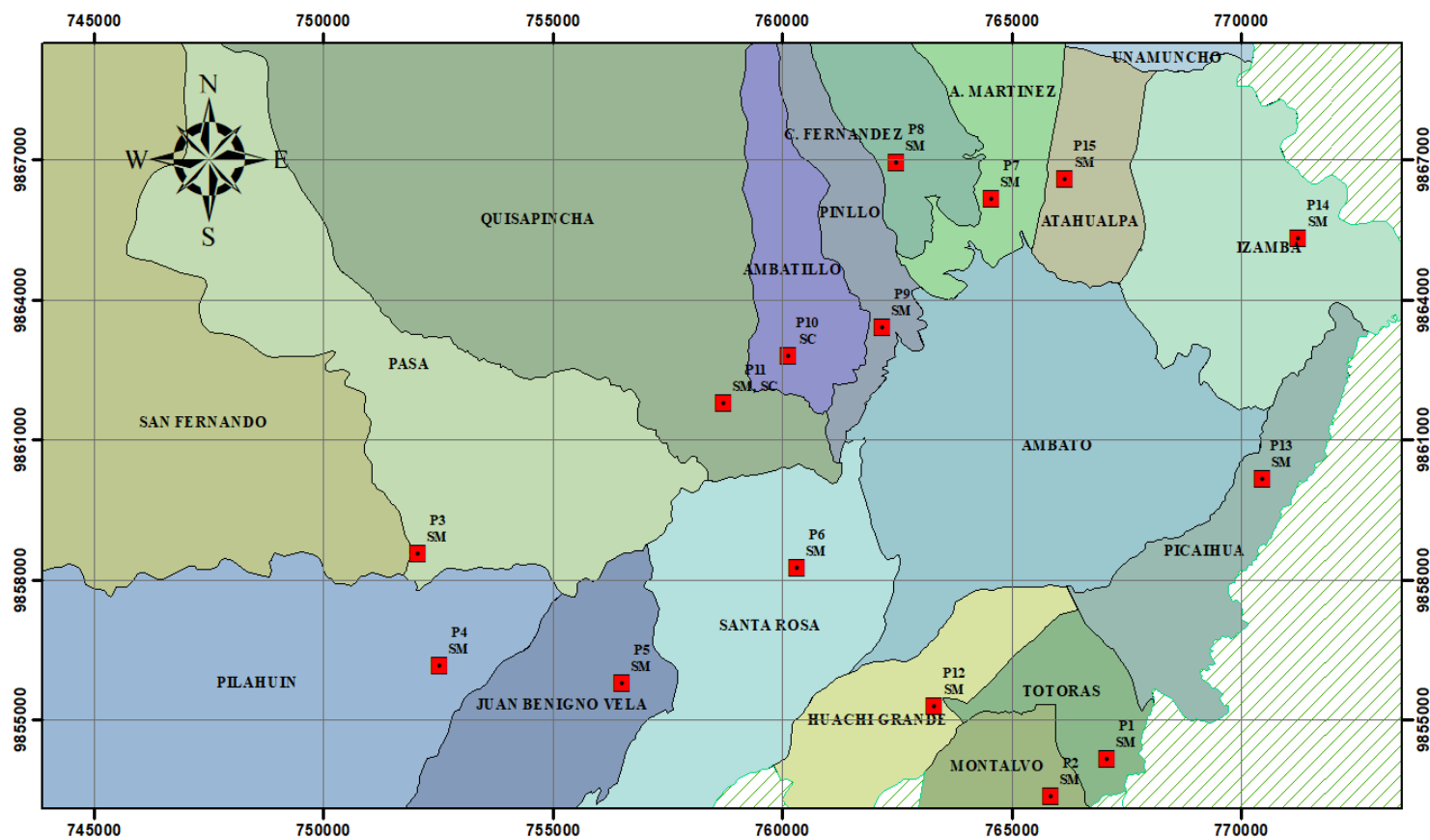


Fig. 35 Suelos en las parroquias según SUCS.

Realizo: M. I. Martínez Inca.

3.1.3. Propiedades Mecánicas

3.1.3.1. Proctor

Al realizar el ensayo Proctor se compacta la muestra de suelo, disminuyendo los espacios intergranulares de agua y aire, con el objetivo de alcanzar, la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad.

TABLA XXVIII. Resumen Proctor.

N°	Parroquia	ENSAYO			Proctor Modificado Tipo B		
		Ubicación			yd máx (g/cm ³)	W ópt (%)	Gc (%)
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad			
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	1.710	15.000	84.16
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	1.639	15.600	88.87
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	1.741	16.800	100.76
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	1.602	21.600	87.26
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	1.614	22.300	91.48
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	1.768	14.770	75.04
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	1.675	17.900	78.64
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	1.630	20.480	80.94
9	San Bartolomé de Pinlo	9863397	762193	0.95 m	1.789	14.600	70.65
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	1.600	21.350	110.71
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	1.655	19.100	69.85
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	1.720	18.000	79.97
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	1.733	14.600	80.88
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	1.617	19.500	90.17
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	1.634	19.500	89.13

Realizo: M. I. Martínez Inca.

La densidad seca máxima varía entre (1.600 – 1.789) g/cm³, con un contenido de humedad óptimo que oscila entre (14.60 – 22.30) %.

TABLA XXIX. Resumen Proctor

N°	Parroquia	ENSAYO			Proctor Modificado Tipo B			
		Ubicación			Wprom SR	Wprom SC	Wprom (%)	γ_d (gr/cm ³)
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad				
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	443.17	861.83	8.45	1.620
					288.42	861.17	13.14	1.699
					159.38	866.00	16.79	1.691
					136.08	865.92	22.15	1.530
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	520.40	848.70	9.99	1.611
					429.96	864.75	14.54	1.638
					258.88	862.33	19.77	1.632
					259.05	862.50	23.91	1.621
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	461.45	856.25	6.97	1.544
					209.08	812.07	14.74	1.720
					286.67	915.92	17.88	1.734
					198.86	902.88	21.47	1.640
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	427.56	817.63	15.71	1.291
					228.43	760.25	19.95	1.570
					138.85	762.69	23.74	1.585
					127.44	750.63	32.01	1.417
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	762.25	805.50	14.94	1.549
					539.29	810.25	18.84	1.586
					481.57	777.25	22.61	1.613
					147.50	844.88	25.34	1.552
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	690.05	847.38	6.86	1.560
					486.56	745.30	9.75	1.672
					216.62	722.48	14.64	1.768
					189.35	772.25	18.29	1.678
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	462.64	679.92	9.76	1.495
					281.13	698.42	13.55	1.561
					169.65	701.58	17.75	1.674
					146.36	695.13	21.03	1.580
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	511.50	738.29	12.41	1.496
					352.17	780.13	15.87	1.577
					188.13	810.63	20.46	1.629
					164.50	802.50	23.50	1.559
9	San Bartolomé de Pinillo	9863397	762193	0.95 m	856.50	875.08	7.08	1.639
					751.38	856.63	10.61	1.699
					595.60	851.17	14.83	1.788
					296.65	869.75	18.76	1.655
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	368.11	662.20	16.69	1.545
					293.20	812.00	19.65	1.588
					159.22	713.86	22.04	1.597
					154.21	768.75	25.18	1.532
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	374.39	695.10	16.06	1.522
					276.25	604.42	18.43	1.648
					179.48	665.93	21.60	1.626
					165.61	626.95	24.25	1.569
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	463.35	671.13	12.28	1.611
					353.10	661.50	14.57	1.655
					248.94	650.25	17.91	1.719
					197.35	687.08	19.11	1.660
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	456.58	856.50	10.33	1.637
					319.29	859.17	13.31	1.721
					210.67	860.63	15.64	1.726
					175.43	841.33	20.45	1.634
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	352.32	632.13	16.71	1.551
					288.45	636.88	19.14	1.616
					206.50	644.21	22.65	1.585
					192.03	650.85	25.80	1.525
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	971.00	887.83	12.16	1.473
					820.05	840.75	16.39	1.577
					709.42	827.77	20.15	1.632
					294.75	842.07	25.17	1.507

Realizo: M. I. Martínez Inca.

3.1.4. Nomenclatura

TABLA XXX. Nomenclatura y unidades.

NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
W	Contenido de humedad gravimétrica	%
Wnat SR	Contenido de humedad natural – Sensor resistivo	Adimensional
Wnat SC	Contenido de humedad natural – Sensor capacitivo	Adimensional
ym	Densidad húmeda	g/cm³
yd	Densidad seca	g/cm³
e	Relación de vacíos	Adimensional
n	Porosidad	%
Gw	Grado de saturación de agua	%
Ga	Grado de saturación de aire	%
D10	Diámetro efectivo	mm
D30	Diámetro equiparable	mm
D60	Diámetro dimensional	mm
Cu	Coefficiente de uniformidad	Adimensional
Cc	Coefficiente de curvatura	Adimensional
k	Coefficiente de permeabilidad	cm/s
Gp	Grado de permeabilidad	Cualitativo
G	Grava	%
S	Arena	%
F	Fino	%
LL	Límite líquido	%
LP	Límite plástico	%
IP	Índice de plasticidad	%
yd máx	Densidad seca máxima	g/cm³
W ópt	Contenido de humedad óptimo	%
Gc	Grado de compactación	%
Wprom SR	Contenido de humedad promedio – Sensor resistivo	Adimensional
Wprom SC	Contenido de humedad promedio – Sensor capacitivo	Adimensional
Wprom	Contenido de humedad promedio	(%)

Realizo: M. I. Martínez Inca.

3.1.4.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio.

TABLA XXXI. Tabla resumen de las propiedades del suelo.

N°	Parroquia	ENSAYO			Densidad de Campo								Granulometría					
		Ubicación			W (%)	Wnat SR	Wnat SC	γ_m (g/cm ³)	γ_d (g/cm ³)	e	n (%)	Gw (%)	Ga (%)	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	Cu	Cc
		Norte (m)	Este (m)	Profundidad														
1	Totoras	9854168	767080	1.00 m	4.47	842.75	835.33	1.503	1.439	0.87	46.41	17.95	82.05	N/A	N/A	0.075	N/A	N/A
2	Montalvo	9853353	765860	0.90 m	3.76	943.33	845.10	1.511	1.457	0.82	45.06	12.34	87.66	0.043	0.095	0.238	5.535	0.882
3	Pasa	9858559	752063	1.00 m	13.52	677.67	794.25	1.992	1.754	0.57	36.51	84.63	15.37	N/A	N/A	0.300	N/A	N/A
4	Pilahuín	9856160	752538	0.70 m	28.61	351.00	779.33	1.798	1.398	0.91	47.68	86.27	13.73	N/A	N/A	0.075	N/A	N/A
5	Juan Benigno Vela	9855783	756518	0.80 m	13.44	941.50	780.33	1.675	1.477	0.82	45.03	48.46	51.54	N/A	N/A	0.300	N/A	N/A
6	Santa Rosa	9858254	760332	1.00 m	8.92	731.50	756.75	1.445	1.327	1.03	50.78	27.73	72.27	0.030	0.047	0.091	3.033	0.809
7	Augusto N. Martínez	9866162	764560	0.80 m	21.40	321.33	869.67	1.599	1.317	0.95	48.84	49.84	50.16	0.009	0.021	0.080	8.889	0.613
8	Constantino Fernández	9866941	762483	0.85 m	13.32	474.50	843.00	1.495	1.319	1.02	50.61	36.78	63.22	0.005	0.011	0.044	9.778	0.611
9	San Bartolomé de Pinillo	9863397	762193	0.95 m	11.06	852.33	848.50	1.404	1.264	1.04	51.08	21.04	78.96	N/A	N/A	0.160	N/A	N/A
10	Ambatillo	9862802	760124	0.70 m	18.54	641.50	815.33	2.100	1.771	0.48	32.30	94.61	5.39	N/A	N/A	0.200	N/A	N/A
11	Quisapincha	9861791	758732	0.95 m	20.26	401.00	716.50	1.390	1.156	1.31	56.72	42.90	57.10	0.013	0.035	0.160	12.308	0.589
12	Huachi Grande	9855294	763322	1.00 m	8.97	728.00	847.00	1.499	1.375	0.94	48.50	27.65	72.35	0.008	0.026	0.150	18.750	0.563
13	Picaihua	9860157	770459	1.00 m	5.48	803.50	852.50	1.478	1.402	0.95	48.70	24.43	75.57	0.029	0.050	0.115	3.966	0.750
14	Izamba	9865306	771251	1.00 m	19.63	621.50	857.67	1.744	1.458	0.84	45.72	66.91	33.09	N/A	N/A	0.075	N/A	N/A
15	Atahualpa	9866574	766169	0.90 m	10.71	943.50	822.00	1.612	1.456	0.85	46.05	39.68	60.32	N/A	N/A	0.250	N/A	N/A

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXXII. Tabla resumen de las propiedades del suelo.

N°	ENSAYO Parroquia	Permeabilidad		Granulometría						Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS	Límites de Atterberg			Proctor Modificado Tipo B		
		k (cm/s)	Gp	SUCS			AASHTO					LL (%)	LP (%)	IP (%)	γd máx (g/cm³)	W ópt (%)	Gc (%)
				G (%)	S (%)	F (%)	G (%)	S (%)	F (%)								
1	Totoras	5.46E-07	Muy Baja	0.00	40.61	59.39	1.00	39.61	59.39	A-2-4	SM	25.89	22.42	3.47	1.710	15.000	84.16
2	Montalvo	2.39E-06	Baja	0.00	74.79	25.21	0.17	74.62	25.21	A-2-4	SM	28.64	27.47	1.17	1.639	15.600	88.87
3	Pasa	N/A	N/A	17.88	35.72	46.40	24.16	29.44	46.40	A-2-4	SM	32.42	30.60	1.82	1.741	16.800	100.76
4	Pilahuín	N/A	N/A	1.80	37.81	60.39	7.39	32.22	60.39	A-2-4	SM	27.58	25.06	2.53	1.602	21.600	87.26
5	Juan Benigno Vela	9.84E-07	Muy Baja	0.00	59.33	40.67	10.78	48.55	40.67	A-2-4	SM	29.14	25.32	3.81	1.614	22.300	91.48
6	Santa Rosa	6.82E-07	Muy Baja	0.00	48.44	51.56	0.13	48.31	51.56	A-2-4	SM	20.01	18.95	1.06	1.768	14.770	75.04
7	Augusto N. Martínez	N/A	N/A	0.44	40.68	58.88	0.96	40.16	58.88	A-2-4	SM	24.67	23.42	1.25	1.675	17.900	78.64
8	Constantino Fernández	N/A	N/A	0.00	28.06	71.94	0.00	28.06	71.94	A-2-4	SM	22.40	20.69	1.71	1.630	20.480	80.94
9	San Bartolomé de Pinlo	N/A	N/A	0.97	53.59	45.44	2.57	51.99	45.44	A-2-4	SM	29.12	26.33	2.79	1.789	14.600	70.65
10	Ambatillo	N/A	N/A	0.00	52.95	47.05	10.38	42.58	47.05	A-2-4	SC	29.70	21.02	8.69	1.600	21.350	110.71
11	Quisapincha	N/A	N/A	0.00	55.20	44.80	1.01	54.19	44.80	A-2-4	SM, SC	27.20	21.42	5.78	1.655	19.100	69.85
12	Huachi Grande	2.16E-06	Baja	0.00	52.14	47.86	3.62	48.51	47.86	A-2-4	SM	21.52	18.44	3.07	1.720	18.000	79.97
13	Picaihua	N/A	N/A	0.00	55.40	44.60	0.16	55.24	44.60	A-2-4	SM	21.24	18.22	3.02	1.733	14.600	80.88
14	Izamba	N/A	N/A	0.00	40.13	59.87	2.10	38.03	59.87	A-2-4	SM	21.75	20.02	1.73	1.617	19.500	90.17
15	Atahualpa	N/A	N/A	0.00	49.75	50.25	12.40	37.35	50.25	A-2-4	SM	21.91	20.83	1.08	1.634	19.500	89.13

Realizo: M. I. Martínez Inca.

3.1.5. Correlaciones

TABLA XXXIII. Correlaciones simples y múltiples – Análisis e interpretación.

N°	ECUACIÓN	R ² (%)	N° Muestras	Figura N°
CORRELACIONES SIMPLES				
1	$W = 3 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.0636(Wnat SR) + 42.19$	76.63	12	36
2	Gráfico radial	-	15	37
3	$\gamma m = -4 * 10^{-6}(Wnat SR)^2 - 0.0044(Wnat SR) + 0.6886$	56.51	9	38
4	$\gamma d = 2 * 10^{-7}(Wnat SR)^2 - 4 * 10^{-5}(Wnat SR) + 1.3117$	61.17	10	39
5	$G = -0.0003(Wnat SR)^2 + 0.3252(Wnat SR) - 77.099$	98.05	4	40
6	$S = 0.0001(Wnat SR)^2 - 0.0967(Wnat SR) + 57.872$	63.02	13	41
7	$F = -8 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 + 0.0559(Wnat SR) + 51.466$	58.63	13	42
8	$k = 3 * 10^{-11}(Wnat SR)^2 - 4 * 10^{-8}(Wnat SR) + 2 * 10^{-5}$	100.0	3	43
9	$k = 1 * 10^{-9}(Wnat SR) + 1 * 10^{-6}$	100.0	2	44
10	$LL = 9 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.1172(Wnat SR) + 57.99$	77.32	11	45
11	$LP = 7 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.082(Wnat SR) + 44.152$	67.64	13	46
12	$IP = 1 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.011(Wnat SR) + 4.2822$	58.57	11	47
13	$\gamma d \text{ máx} = 8 * 10^{-7}(Wnat SR)^2 - 0.0007(Wnat SR) + 1.7898$	56.15	12	48
14	$W \text{ ópt} = -2 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 + 0.0127(Wnat SR) + 17.619$	59.02	13	49
15	$Wprom = 4 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0517(Wprom SR) + 29.418$	50.44	60	50
16	$Wprom = 9 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0887(Wprom SR) + 30.912$	91.96	4	51
17	$WpromSC = 0.0001(Wprom SR)^2 - 0.0835(Wprom SR) + 875.63$	96.07	4	52
18	$\gamma d = -5 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.003(Wprom SR) + 1.269$	54.71	4	53
19	$e = -1 * 10^{-6}(Wnat SR)^2 + 0.0017(Wnat SR) + 0.5226$	60.76	11	54
20	$Gw = 0.0003(Wnat SR)^2 - 0.4343(Wnat SR) + 175.02$	64.05	11	55
CORRELACIONES MÚLTIPLES				
21	$LP = 1.67 + 0.0012(Wnat SR) + 0.791(LL)$	68.37	15	56
22	$W = 90.92 - 0.0234(Wnat SR) - 36.671(\gamma d \text{ máx})$	69.06	15	57
23	$\gamma d = 0.06 + 0.7222(\gamma m) + 0.0003(Wnat SR)$	91.56	15	58
24	$W = 20.77 - 0.0277(Wnat SR) + 8.19(\gamma d)$	61.11	15	59
25	$W = 12 - 0.0245(Wnat SR) + 11.30(\gamma m)$	70.32	15	60
26	$W = 34.51 - 0.0274(Wnat SR) - 0.0445(F)$	57.59	15	61
27	$W = 6.62 + 1.1667(W \text{ ópt}) - 0.0208(Wnat SR)$	77.93	15	62
28	$W = 29.62 + 0.4878(IP) - 0.0256(Wnat SR)$	59.57	15	63
29	$\gamma d = 2.58 - 0.0014(Wprom SR) - 0.039(Wprom)$	77.29	4	64

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXXIV. Correlaciones simples y múltiples – Anexos.

Nº	ECUACIÓN	R ² (%)	Nº Muestras	Figura Nº
CORRELACIONES SIMPLES				
A	$Gc = -0.0026(Wnat\ SC)^2 + 4.1865(Wnat\ SC) - 1587.6$	55.73	10	65
B	$D10 = 1 * 10^{-7}(Wnat\ SR)^2 - 0.0001(Wnat\ SR) + 0.0377$	77.81	7	66
C	$D30 = 4 * 10^{-7}(Wnat\ SR)^2 - 0.0004(Wnat\ SR) + 0.1143$	88.48	7	67
D	$D60 = 1 * 10^{-6}(Wnat\ SR)^2 - 0.0011(Wnat\ SR) + 0.3409$	80.53	12	68
E	$Cu = 2 * 10^{-5}(Wnat\ SR)^2 - 0.0367(Wnat\ SR) + 21.187$	67.42	6	69
F	$Cc = 4 * 10^{-7}(Wnat\ SR)^2 - 1 * 10^{-5}(Wnat\ SR) + 0.5539$	90.94	6	70
G.1	$Wprom = -3 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0219(Wprom\ SR) + 29.524$	92.26	4	71
G.2	$Wprom = -0.0002(Wprom\ SR)^2 + 0.0725(Wprom\ SR) + 10.88$	79.67	4	72
G.3	$Wprom = 0.0003(Wprom\ SR)^2 - 0.1841(Wprom\ SR) + 48.159$	82.94	4	73
G.4	$Wprom = -2 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0008(Wprom\ SR) + 25.945$	94.24	4	74
G.5	$Wprom = 3 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0435(Wprom\ SR) + 24.294$	94.90	4	75
G.6	$Wprom = 0.0001(Wprom\ SR)^2 - 0.0961(Wprom\ SR) + 32.099$	97.60	4	76
G.7	$Wprom = 5 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0643(Wprom\ SR) + 31.791$	97.22	4	77
G.8	$Wprom = -3 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 + 0.0129(Wprom\ SR) + 17.508$	100.0	4	78
G.9	$Wprom = -3 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0175(Wprom\ SR) + 27.11$	88.24	4	79
G.10	$Wprom = 0.0001(Wprom\ SR)^2 - 0.1032(Wprom\ SR) + 37.052$	95.47	4	80
G.11	$Wprom = 2 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0415(Wprom\ SR) + 26.549$	99.56	4	81
G.12	$Wprom = 0.0001(Wprom\ SR)^2 - 0.103(Wprom\ SR) + 33.962$	91.97	4	82
G.13	$Wprom = 0.0002(Wprom\ SR)^2 - 0.1658(Wprom\ SR) + 48.969$	95.52	4	83
G.14	$Wprom = -2 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 + 0.0117(Wprom\ SR) + 23.908$	99.54	4	84
H.1	$WpromSC = -0.0007(Wprom\ SR)^2 + 0.5173(Wprom\ SR) + 777.49$	99.99	4	85
H.2	$WpromSC = 0.0008(Wprom\ SR)^2 - 0.2251(Wprom\ SR) + 772.41$	97.21	4	86
H.3	$WpromSC = 0.0003(Wprom\ SR)^2 - 0.3538(Wprom\ SR) + 888.89$	74.20	4	87
H.4	$WpromSC = 0.0011(Wprom\ SR)^2 - 0.821(Wprom\ SR) + 867.95$	90.58	4	88
H.5	$WpromSC = -0.0004(Wprom\ SR)^2 + 0.1775(Wprom\ SR) + 679.58$	94.89	4	89

H.6	$WpromSC = -0.0004(Wprom SR)^2 + 0.0706(Wprom SR) + 806.06$	98.40	4	90
H.7	$WpromSC = 0.0003(Wprom SR)^2 - 0.3259(Wprom SR) + 941.29$	96.90	4	91
H.8	$WpromSC = -0.0115(Wprom SR)^2 + 5.6395(Wprom SR) + 139.90$	83.22	4	92
H.9	$WpromSC = 0.0057(Wprom SR)^2 - 2.8506(Wprom SR) + 966.86$	71.56	4	93
H.10	$WpromSC = 0.0014(Wprom SR)^2 - 0.9205(Wprom SR) + 808.66$	57.34	4	94
H.11	$WpromSC = -0.0006(Wprom SR)^2 + 0.3972(Wprom SR) + 794.64$	56.60	4	95
H.12	$WpromSC = 0.0005(Wprom SR)^2 - 0.3652(Wprom SR) + 701.48$	95.39	4	96
H.13	$WpromSC = 0.0004(Wprom SR)^2 - 0.4518(Wprom SR) + 939.94$	98.98	4	97
I.1	$\gamma d = -1 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.001(Wprom SR) + 1.4552$	84.58	4	98
I.2	$\gamma d = -7 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0043(Wprom SR) + 1.0951$	90.23	4	99
I.3	$\gamma d = -8 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0039(Wprom SR) + 1.1248$	80.71	4	100
I.4	$\gamma d = -6 * 10^{-7}(Wprom SR)^2 + 0.0005(Wprom SR) + 1.4905$	90.49	4	101
I.5	$\gamma d = -1 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0005(Wprom SR) + 1.6501$	82.27	4	102
I.6	$\gamma d = -4 * 10^{-7}(Wprom SR)^2 - 0.0002(Wprom SR) + 1.6607$	66.49	4	103
I.7	$\gamma d = -2 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0008(Wprom SR) + 1.4948$	76.19	4	104
I.8	$\gamma d = -2 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0019(Wprom SR) + 1.235$	95.84	4	105
I.9	$\gamma d = -9 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0048(Wprom SR) + 1.0522$	93.26	4	106
I.10	$\gamma d = -2 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0013(Wprom SR) + 1.5173$	72.76	4	107
I.11	$\gamma d = -5 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0028(Wprom SR) + 1.2989$	77.24	4	108
I.12	$\gamma d = -1 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 + 0.0069(Wprom SR) + 0.6786$	87.45	4	109
I.13	$\gamma d = -1 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0016(Wprom SR) + 1.1467$	99.60	4	110
J	$n = -4 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 + 0.0467(Wnat SR) + 37.182$	62.70	11	111
K	$Ga = -0.0003(Wnat SR)^2 + 0.4343(Wnat SR) - 75.023$	64.05	11	112
CORRELACIONES MÚLTIPLES				
L	$W = 17.79 - 0.0275(Wnat SR) + 0.170(Gc)$	65.05	15	113
M	$W = 31.26 - 0.0321(Wnat SR) + 27.18(D60)$	66.13	15	114
N	$W = -0.62 - 0.0001(Wnat SR) + 0.033(n)$	97.74	15	115
Ñ	$e = 1.61 - 0.0006(Wnat SR) - 0.006(Gw)$	66.82	15	116
O	$e = 0.98 - 0.0006(Wnat SR) + 0.006(Ga)$	65.00	15	117
P	$n = 67.42 - 0.0174(Wnat SR) - 0.189(Gw)$	70.93	15	118
Q	$n = 48.21 - 0.0177(Wnat SR) + 0.197(Ga)$	68.12	15	119
R	$\gamma d = 2.47 - 0.0018(Wprom SR) - 0.026(Wprom)$	93.73	4	120

S	$\bar{y}d = 2.47 - 0.0010(W_{\text{prom SR}}) - 0.033(W_{\text{prom}})$	99.47	4	121
T	$\bar{y}d = 2.52 - 0.0012(W_{\text{prom SR}}) - 0.032(W_{\text{prom}})$	99.96	4	122
U	$\bar{y}d = 0.20 + 0.0012(W_{\text{prom SR}}) + 0.059(W_{\text{prom}})$	91.02	4	123
V	$\bar{y}d = 2.41 - 0.0010(W_{\text{prom SR}}) - 0.029(W_{\text{prom}})$	68.13	4	124
W	$\bar{y}d = -0.03 + 0.0009(W_{\text{prom SR}}) + 0.050(W_{\text{prom}})$	86.88	4	125

Realizo: M. I. Martínez Inca.

3.1.5.1. Correlaciones simples

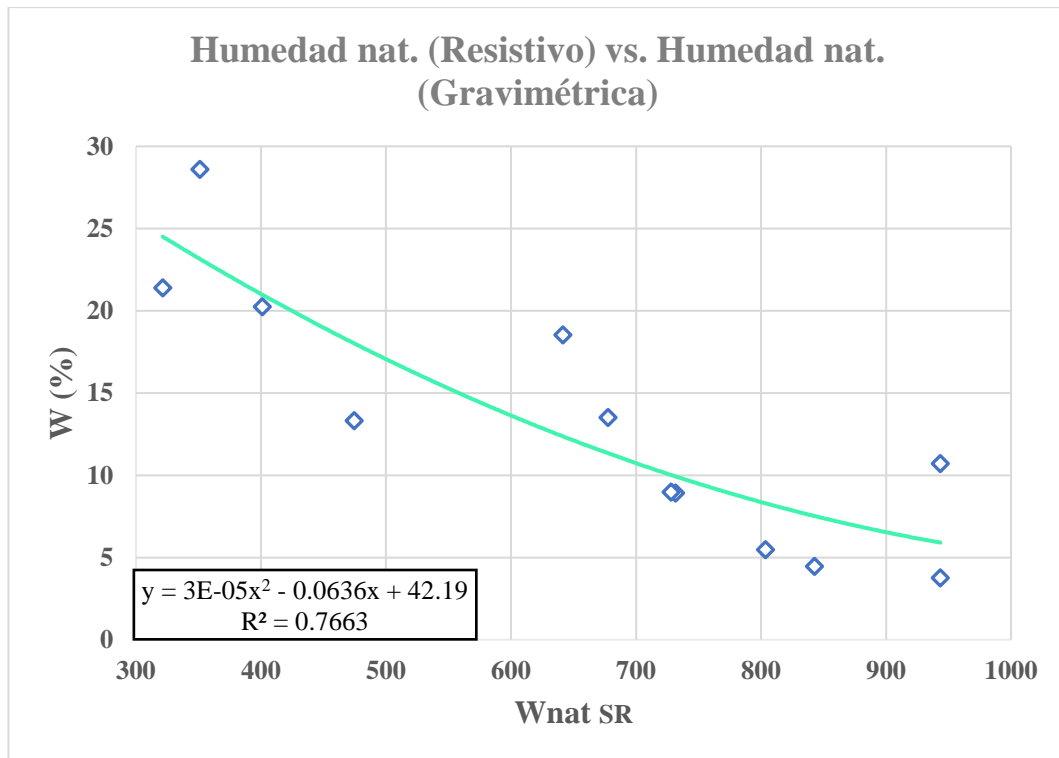


Fig. 36 Correlación W (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 3 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.0636(Wnat SR) + 42.19$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 76.63 \%$

Nº Muestras utilizadas: 12

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación muy bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 76.63 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 12 muestras con un rango para W entre (0 – 30) % y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se ha obtenido una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, al ser mayor el contenido de humedad natural gravimétrica, se alcanzan menores valores en las lecturas del sensor resistivo en rango que varía de 300 a 1000 en las 12 muestras detalladas en el gráfico (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad).

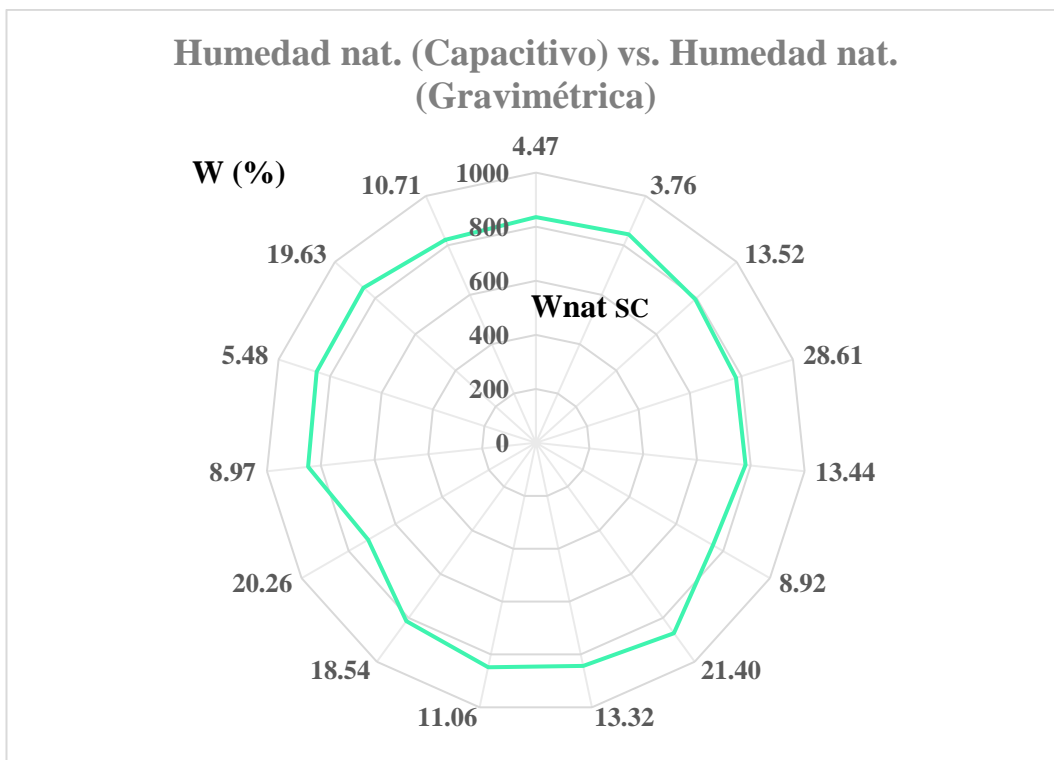


Fig. 37 Correlación W (%) vs. Wnat SC

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: Gráfico radial.

Coefficiente de correlación: N/A

Nº Muestras utilizadas: 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. Wnat SC exhibe un coeficiente de correlación N/A, en gráficos radiales no es posible estimar dicho coeficiente. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W entre (3 – 30) % y para Wnat SC valores entre (700 – 900).

Dicho gráfico radial muestra una tendencia circular atachada con las 15 muestras de suelos, lo que indica una directriz de trabajo en las lecturas del sensor capacitivo que bordea al 800, permitiendo calificar dicha correlación como aceptable, en un estimado cualitativo.

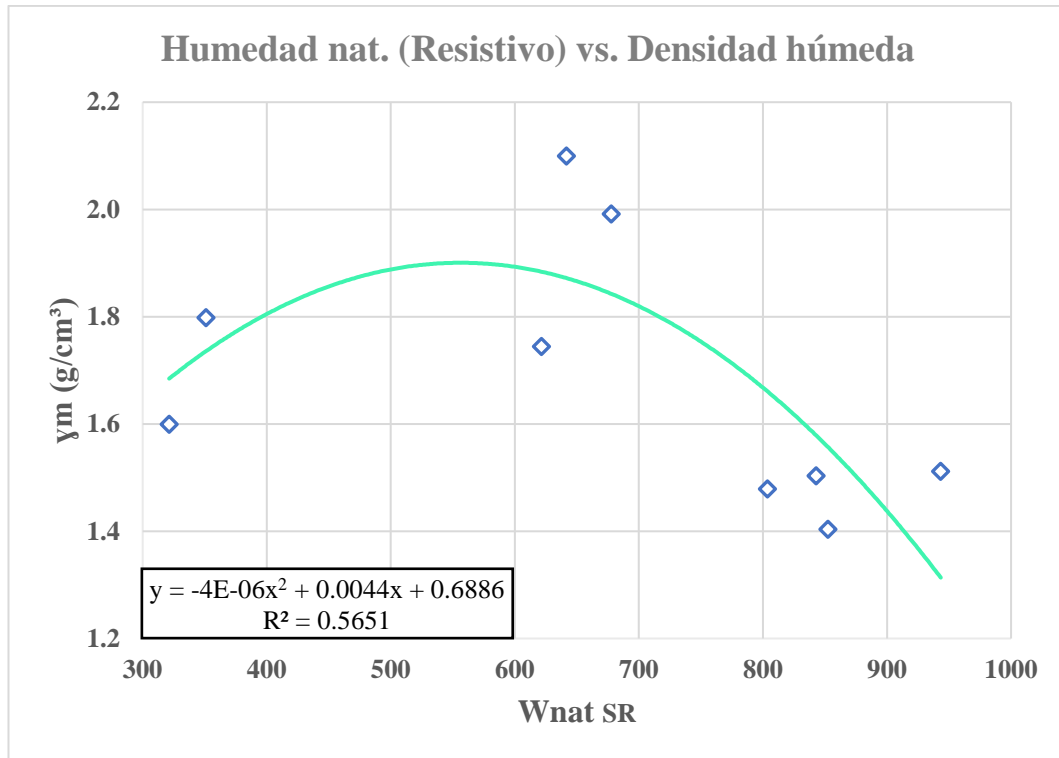


Fig. 38 Correlación γ_m (g/cm³) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_m = -4 * 10^{-6}(Wnat SR)^2 - 0.0044(Wnat SR) + 0.6886$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 56.51 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 9

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre γ_m (g/cm³) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 56.51 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 9 muestras con un rango para γ_m entre (1.2 – 2.2) g/cm³ y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se presenta una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, mientras mayor sea el valor de densidad húmeda, se acerca más a un valor superior en el sensor resistivo cercano a 550, esto hasta un punto de inflexión entre 500 y 600, ya que la densidad húmeda tiende a descender mientras se acerca a valores cercanos a 1000, dado esto a partir del punto de inflexión (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad).

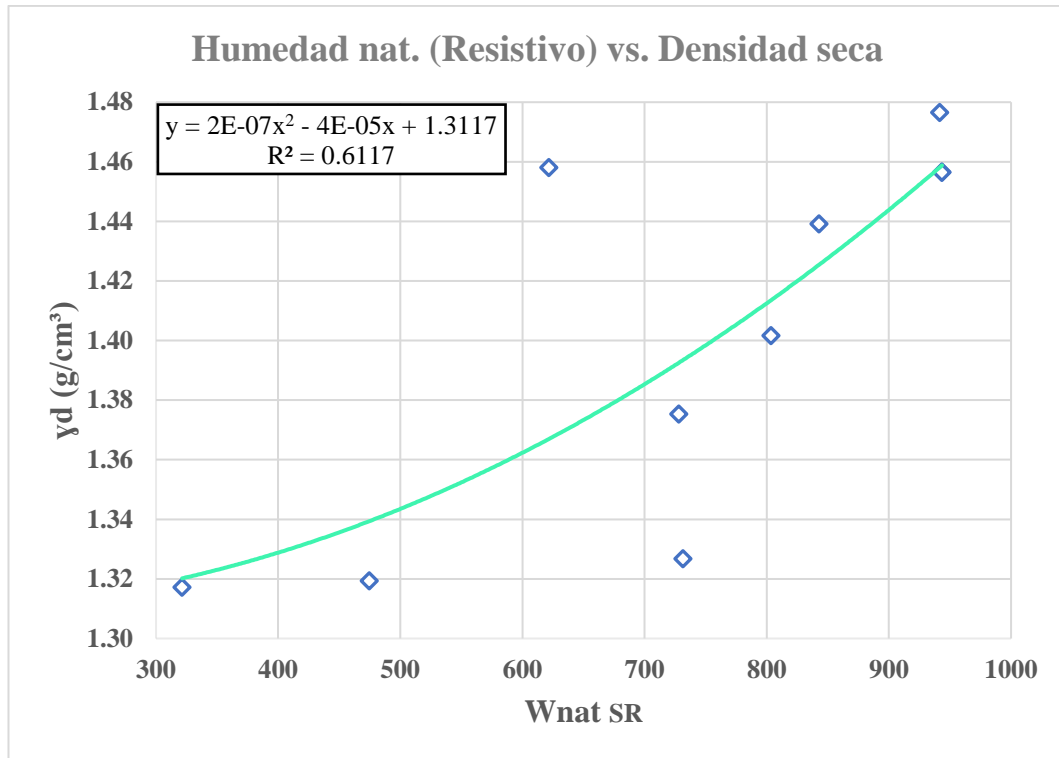


Fig. 39 Correlación γ_d (g/cm³) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 2 * 10^{-7}(\text{Wnat SR})^2 - 4 * 10^{-5}(\text{Wnat SR}) + 1.3117$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 61.17 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 10

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre γ_d (g/cm³) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 61.17 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 10 muestras con un rango para γ_d entre (1.30 – 1.48) g/cm³ y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Existe una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, al estar el suelo más seco con valores cercanos a 1000 en el sensor resistivo, mayor será la densidad seca de las muestras, teniendo en cuenta que la densidad del suelo es mayor que la densidad del agua. (Valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad).

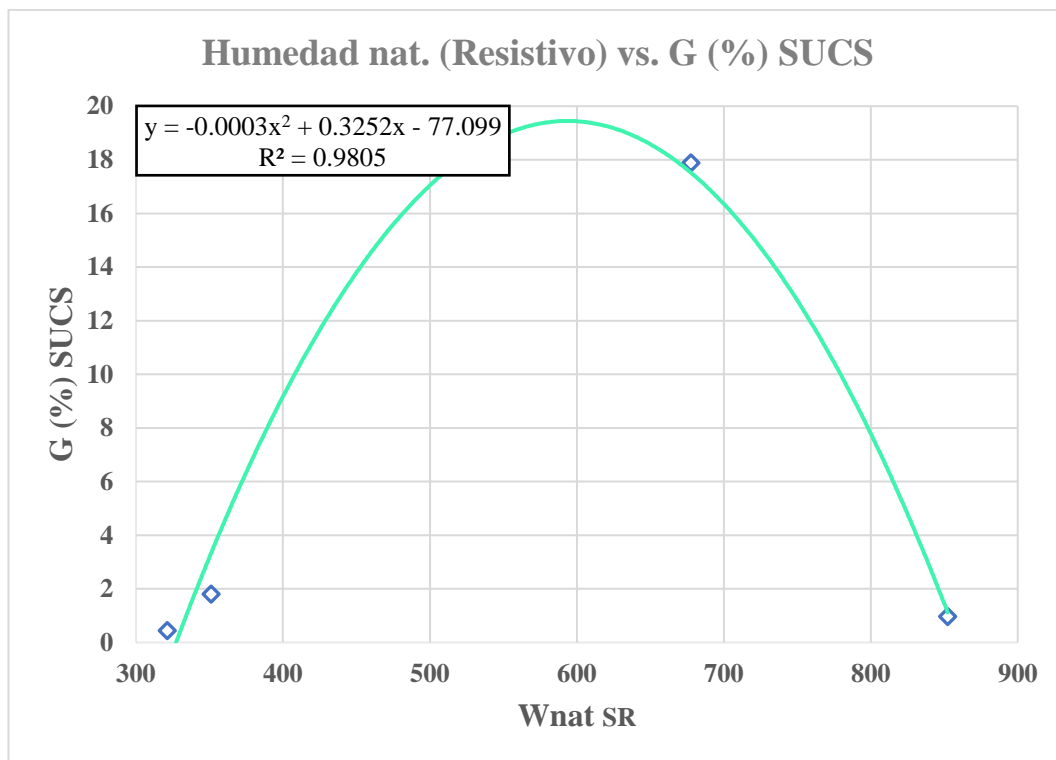


Fig. 40 Correlación G (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $G = -0.0003(Wnat\ SR)^2 + 0.3252(Wnat\ SR) - 77.099$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 98.05\ %$ **Nº Muestras utilizadas:** 4

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre G (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación excelente (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 98.05\ %$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 4 muestras con un rango para G (%) entre (0 – 20) y para Wnat SR valores entre (300 – 900).

Se observa que mientras menor valor posee la muestra de suelo en el sensor resistivo cercano a 300, menor contenido de grava se logra apreciar en este, dicho esto desde un punto de inflexión que bordea el 600 en el sensor resistivo, posterior a este punto de inflexión comienza a menorar el contenido de grava y crecer los valores en el sensor resistivo que se acercan al 900 (Valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad).

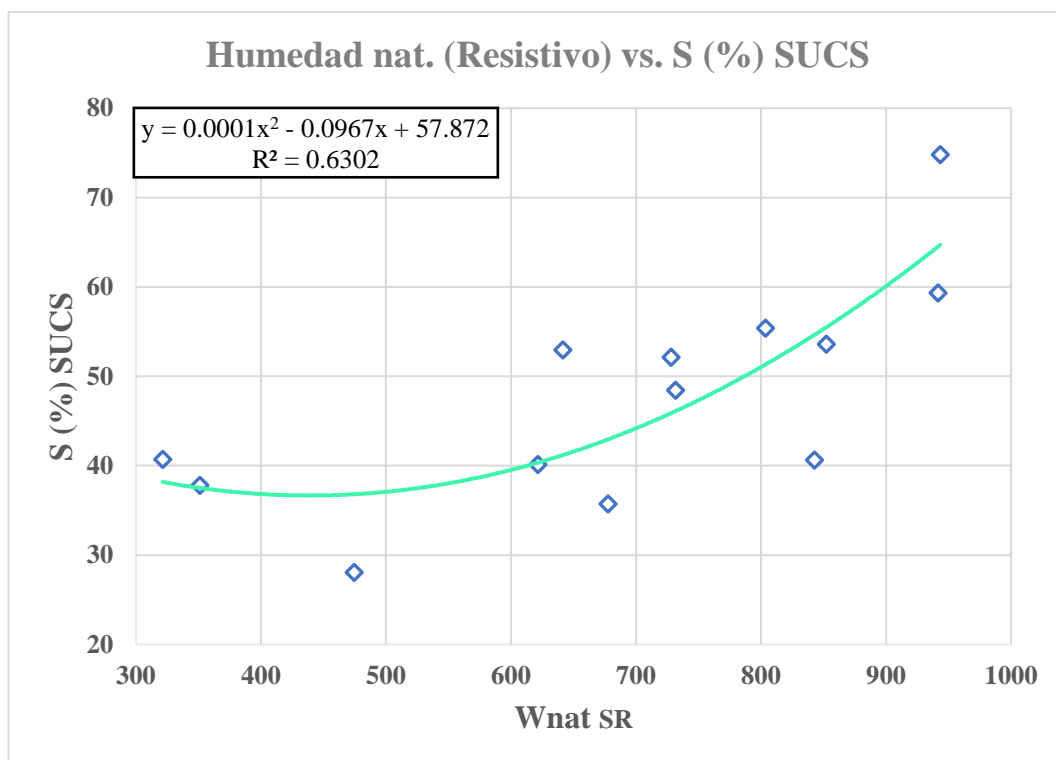


Fig. 41 Correlación S (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $S = 0.0001(\text{Wnat SR})^2 - 0.0967(\text{Wnat SR}) + 57.872$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 63.02 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 13

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre S (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 63.02 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 13 muestras con un rango para S (%) entre (25 – 80) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se ha obtenido una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, entre mayor es el porcentaje de arena, el valor de humedad en el sensor resistivo aumenta progresivamente (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), esto es notorio considerando que, a mayor porcentaje de arena contenida en el suelo, menor capacidad de retener líquidos caracterizan a dicho suelo.

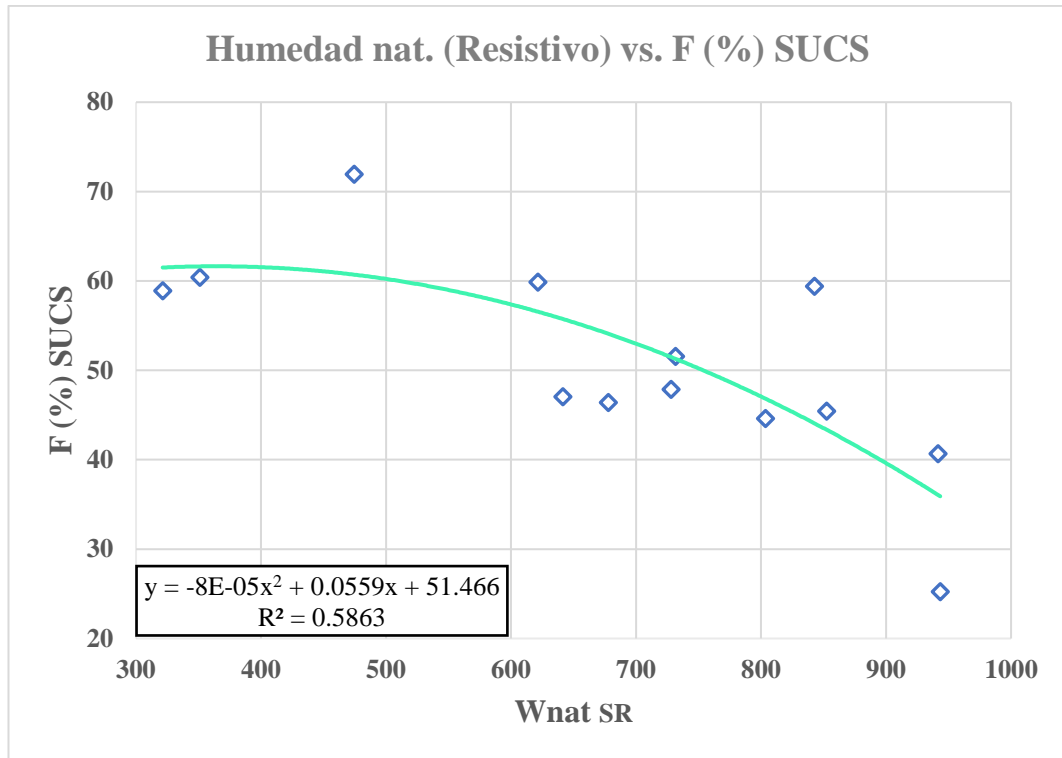


Fig. 42 Correlación F (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $F = -8 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 + 0.0559(Wnat SR) + 51.466$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 58.63 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 13

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre F (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 58.63 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 13 muestras con un rango para F (%) entre (20 – 80) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se presenta una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, entre mayor es el porcentaje de finos, el valor de humedad en el sensor resistivo disminuye progresivamente (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), esto es notorio considerando que, a mayor porcentaje de fino contenido en el suelo, mayor capacidad de retener líquidos caracterizan a dicho suelo.

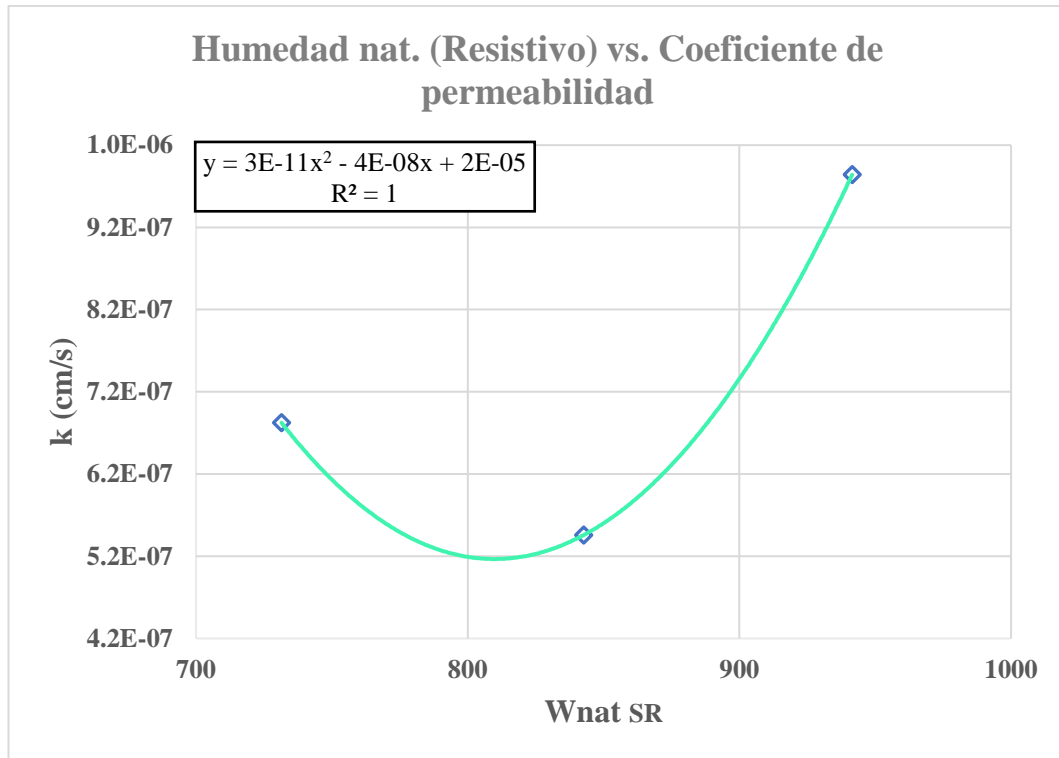


Fig. 43 Correlación k (cm/s) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $k = 3 * 10^{-11}(Wnat SR)^2 - 4 * 10^{-8}(Wnat SR) + 2 * 10^{-5}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 100 \%$

Nº Muestras utilizadas: 3

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre k (cm/s) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación excelente (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 100 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 3 muestras con un rango para k entre $(5.2 * 10^{-7} - 1 * 10^{-6})$ y para Wnat SR valores entre (700 – 1000).

Existe una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, alcanzar un menor valor de humedad en el sensor resistivo, significa tener un coeficiente de permeabilidad inferior en las muestras de suelo (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), esto es notorio considerando que, a mayor contenido de humedad (700 en este caso), el suelo está saturándose y disminuye el coeficiente de permeabilidad o la velocidad de permitir el paso de agua entre sus partículas de suelo.

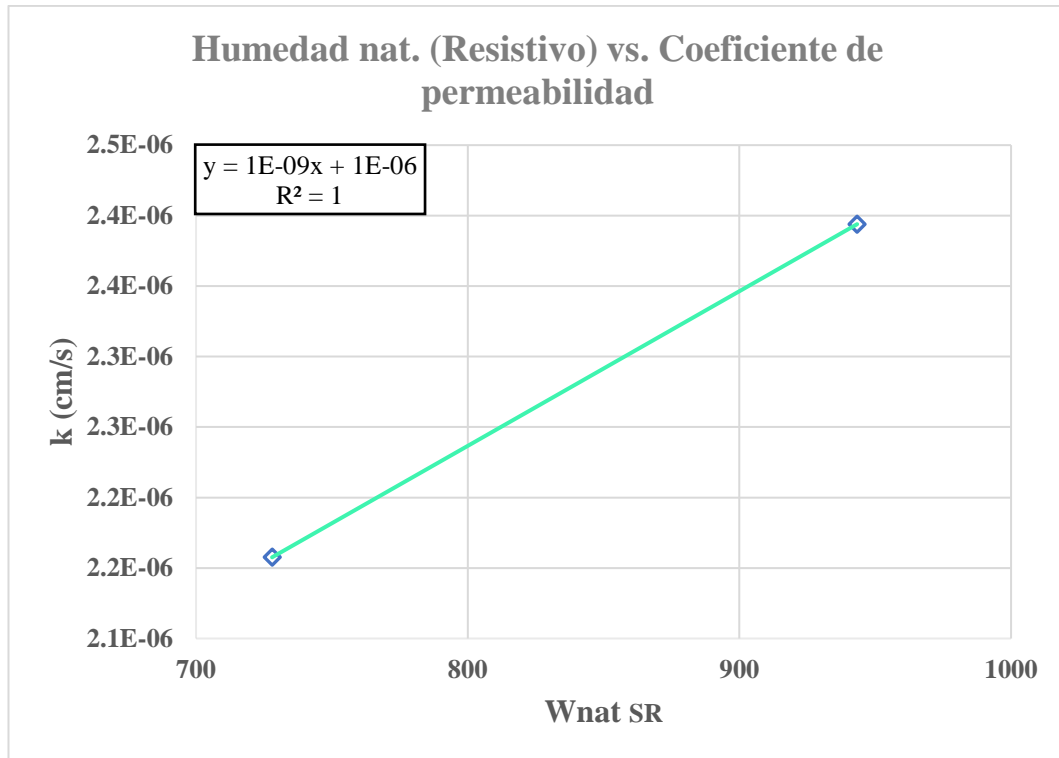


Fig. 44 Correlación k (cm/s) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $k = 1 * 10^{-9}(Wnat SR) + 1 * 10^{-6}$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 100 \%$

Nº Muestras utilizadas: 2

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre k (cm/s) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación excelente (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 100 \%$, esto con el uso de una correlación lineal simple. En el análisis de datos se utilizó 2 muestras con un rango para k entre $(2.2 * 10^{-6} - 2.4 * 10^{-6})$ y para Wnat SR valores entre (700 – 1000).

Existe una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, alcanzar un menor valor de humedad en el sensor resistivo, significa tener un coeficiente de permeabilidad inferior en las muestras de suelo (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), esto es notorio considerando que, a mayor contenido de humedad (700 en este caso), el suelo está saturándose y disminuye el coeficiente de permeabilidad o la velocidad de permitir el paso de agua entre sus partículas de suelo.

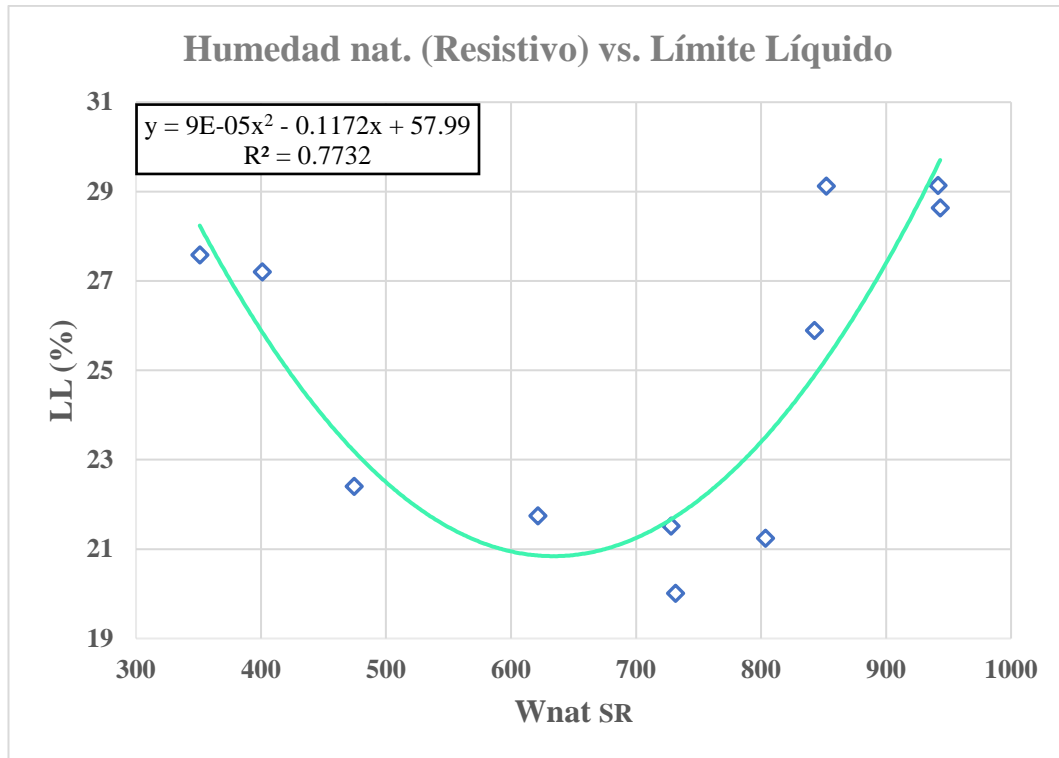


Fig. 45 Correlación LL (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $LL = 9 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.1172(Wnat SR) + 57.99$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 77.32 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 11

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre LL (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación muy bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 77.32 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 11 muestras con un rango para LL (%) entre (19 – 31) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se observa que mientras los valores de humedad aumentan en el sensor resistivo de 300 a 600 (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), entonces el límite líquido disminuye (por mayor cantidad de suelos gruesos), esto hasta un punto de inflexión que bordea los 600 – 700, después del punto de inflexión el límite líquido tiende a aumentar (por mayor cantidad de suelos finos) y valores de humedad se dan cercanos a 1000 en el sensor resistivo.

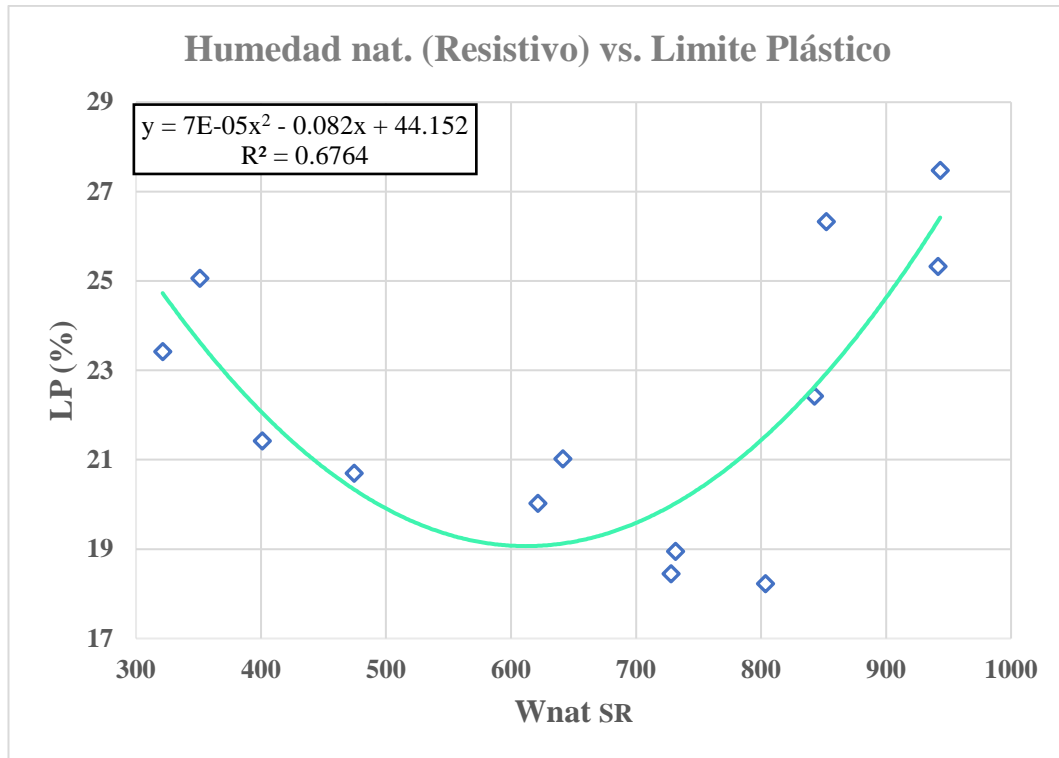


Fig. 46 Correlación LP (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $LP = 7 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.082(Wnat SR) + 44.152$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 67.64 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 13

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre LP (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 67.64 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 13 muestras con un rango para LP (%) entre (17 – 29) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se observa que mientras los valores de humedad aumentan en el sensor resistivo de 300 a 600 (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), entonces el límite plástico disminuye (por mayor cantidad de suelos gruesos), esto hasta un punto de inflexión que bordea los 600 – 700, después del punto de inflexión el límite plástico tiende a aumentar (por mayor cantidad de suelos finos) y valores de humedad se dan cercanos a 1000 en el sensor resistivo.

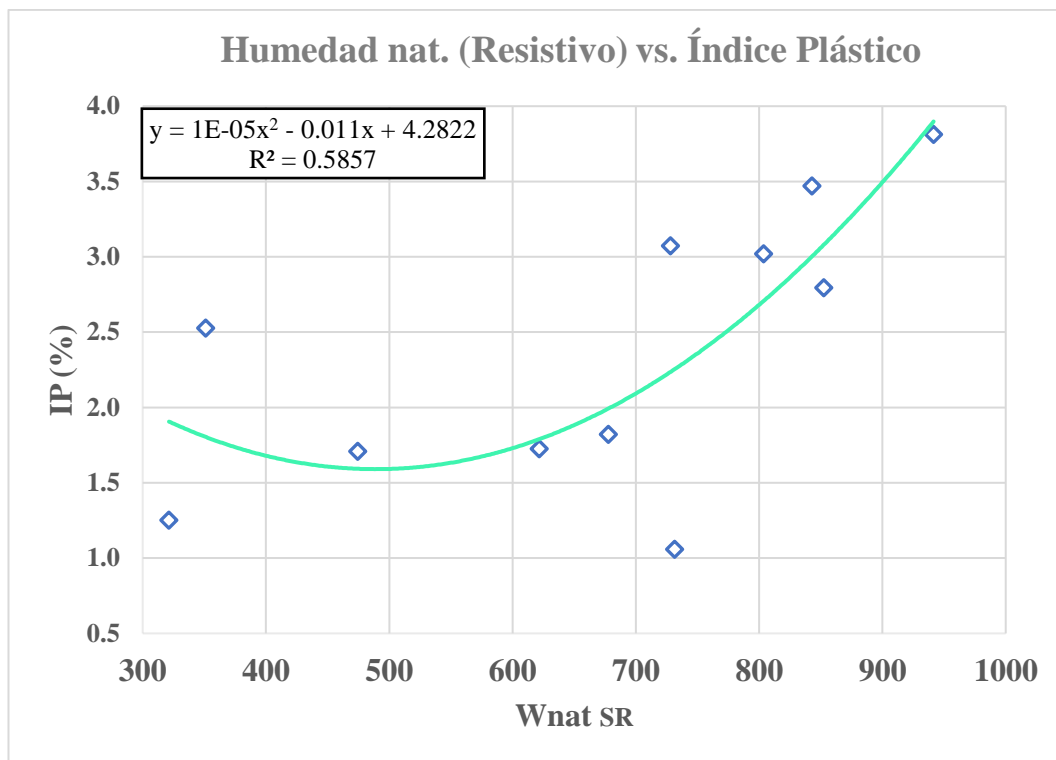


Fig. 47 Correlación IP (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $IP = 1 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.011(Wnat SR) + 4.2822$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 58.57 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 11

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre IP (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 58.57 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 11 muestras con un rango para IP (%) entre (0.5 – 4) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se ha obtenido una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, al tener un mayor valor de humedad en el sensor resistivo, lo que indica menor contenido de humedad gravimétrica (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), el índice de plasticidad se incrementa hasta un 4% en referencia a las 11 muestras de suelo analizadas.

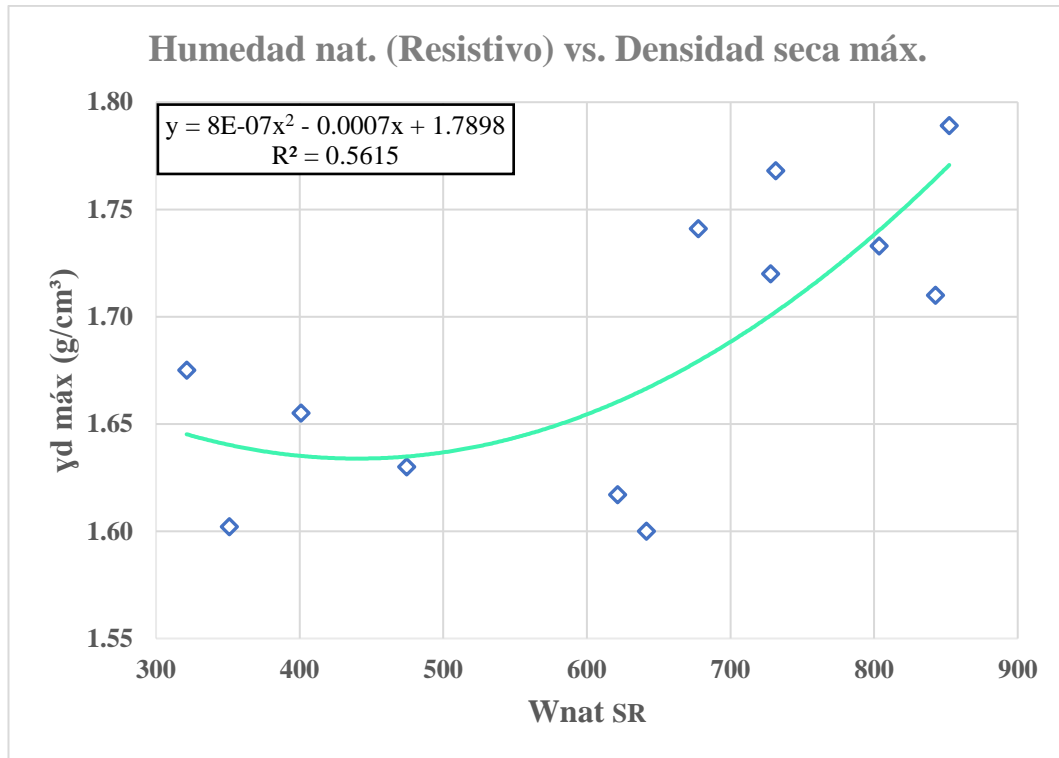


Fig. 48 Correlación γ_d máx (g/cm³) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d \text{ máx} = 8 * 10^{-7}(\text{Wnat SR})^2 - 0.0007(\text{Wnat SR}) + 1.7898$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 56.15 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 12

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre γ_d máx (g/cm³) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 56.15 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 12 muestras con un rango para γ_d máx (g/cm³) entre (1.55 – 1.80) y para Wnat SR valores entre (300 – 900).

Se presenta una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, si los valores de humedad aumentan en el sensor resistivo, lo que indica un bajo contenido de humedad gravimétrica (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), la densidad seca máxima se incrementa de igual manera, mostrando un suelo más denso, esto porque la densidad del agua es menor que la densidad del suelo.

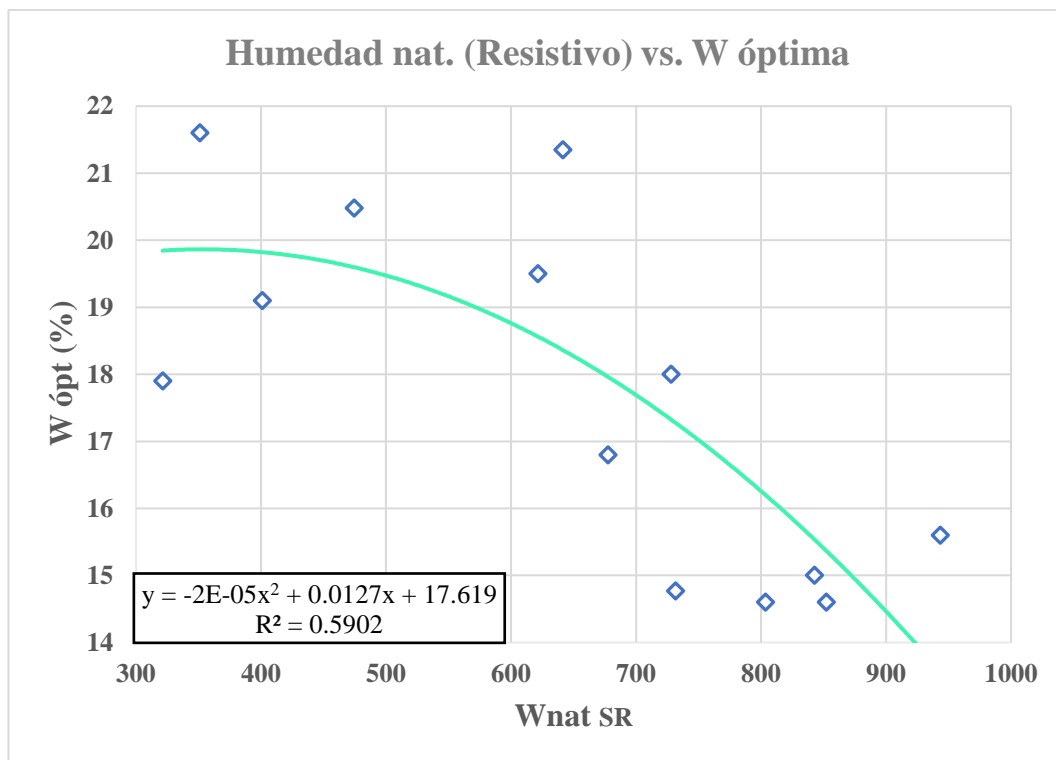


Fig. 49 Correlación W ópt (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W \text{ ópt} = -2 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 + 0.0127(Wnat SR) + 17.619$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 59.02 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 13

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W ópt (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 59.02 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 13 muestras con un rango para W ópt (%) entre (14 – 22) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se ha obtenido una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, al ser mayor el contenido de humedad óptima, se alcanzan menores valores en las lecturas del sensor resistivo en rango que varía de 300 a 1000 en las 13 muestras detalladas en el gráfico (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad).

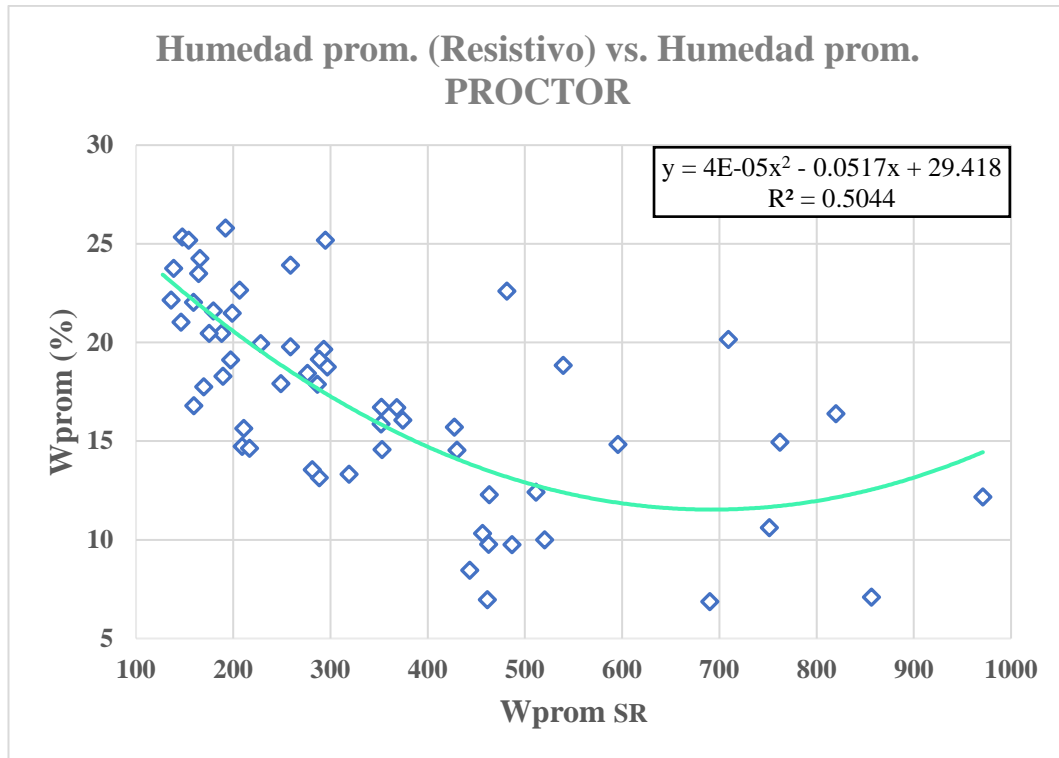


Fig. 50 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 4 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0517(Wprom\ SR) + 29.418$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 50.44\ %$ **Nº Muestras utilizadas:** 60

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre Wprom (%) vs. Wprom SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 50.44\ %$, esto con el uso de una correlación polinómica simple, considerado como bueno al ser de distintos lugares la muestra de suelo ensayada. En el análisis de datos se utilizó 60 muestras con un rango para Wprom (%) entre (5 – 30) y para Wprom SR valores entre (100 – 1000).

Se ha obtenido una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, en consecuencia, al ser mayor el contenido de humedad promedio en el ensayo proctor, se alcanzan menores valores en las lecturas del sensor resistivo en rango que varía de 100 a 1000 en las 60 muestras (valores tabulados del promedio de 2 muestras con 4 valores c/u = 480 datos mínimo, tomados en el ensayo proctor) detalladas en el gráfico (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad).

A continuación, se muestran los gráficos para cada tipo de suelo con las 4 humedades respectivas:

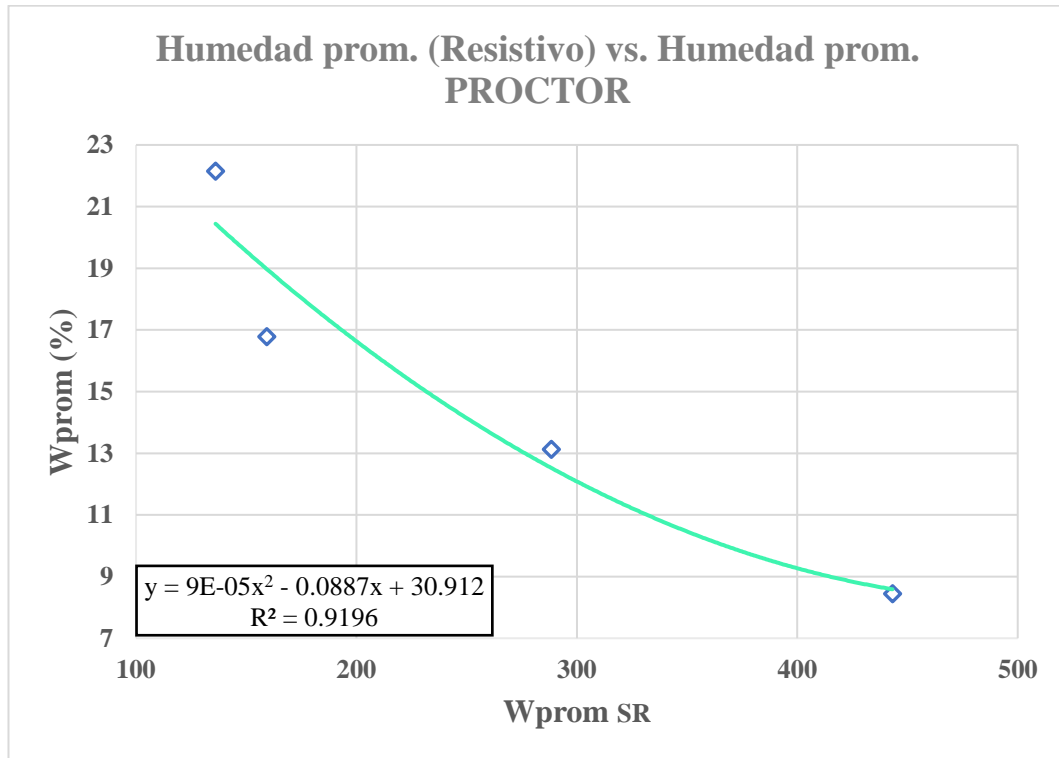


Fig. 51 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 9 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0887(Wprom SR) + 30.912$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 91.96 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 4

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre Wprom (%) vs. Wprom SR exhibe un coeficiente de correlación excelente (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 91.96 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 4 muestras con un rango para Wprom (%) entre (7 – 23) y para Wprom SR valores entre (100 – 500). Existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades, en consecuencia, al ser mayor el contenido de humedad promedio del ensayo proctor, son menores los valores en las lecturas del sensor resistivo en rango que varía de 100 a 500 en las 4 muestras (valores tabulados del promedio de 2 muestras con 4 valores c/u = 32 datos mínimo, tomados en el ensayo proctor) detalladas en el gráfico.

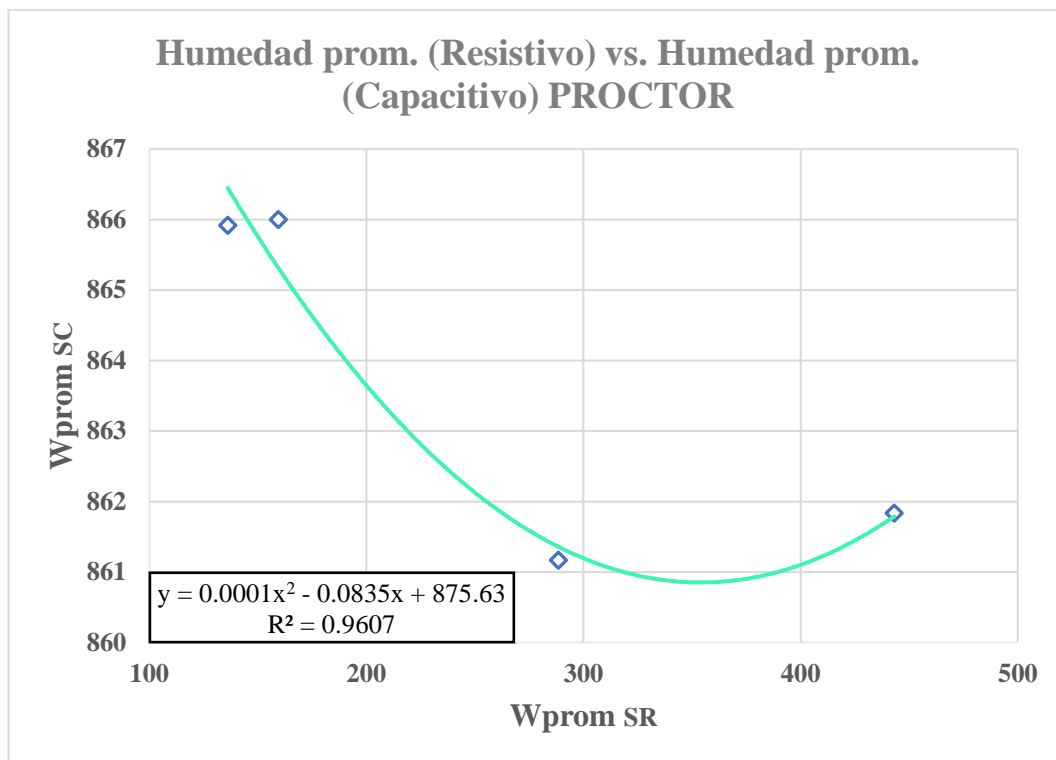


Fig. 52 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

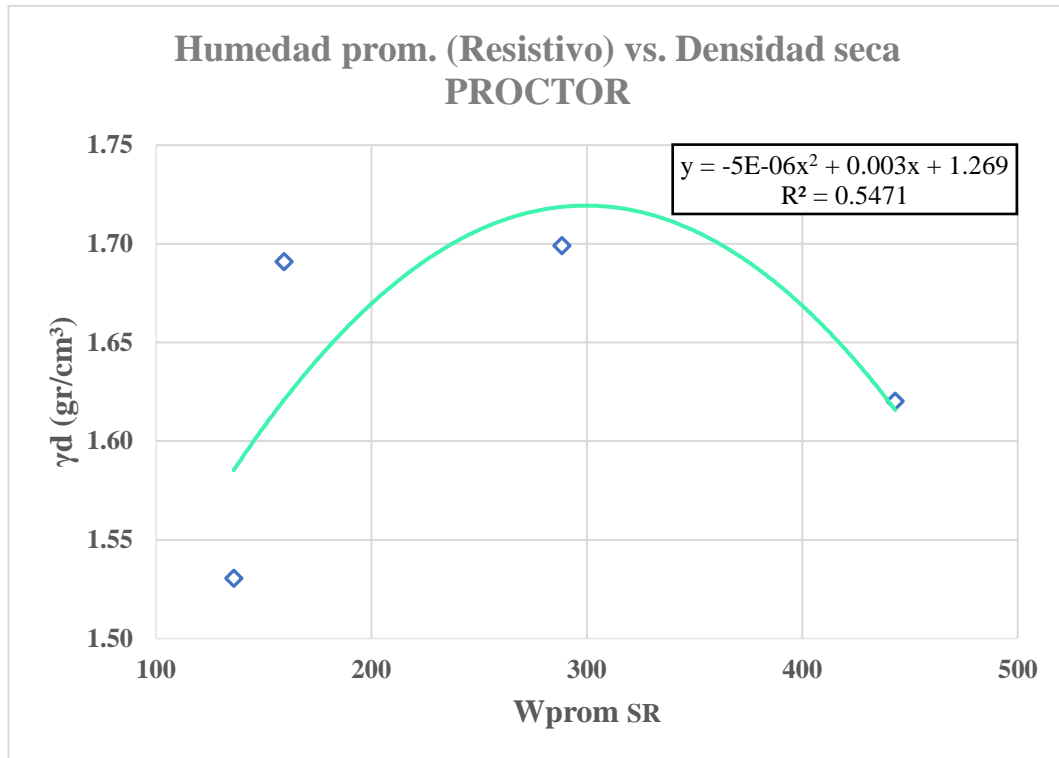
Ecuación: $WpromSC = 0.0001(Wprom SR)^2 - 0.0835(Wprom SR) + 875.63$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 96.07 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 4

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre Wprom SC vs. Wprom SR exhibe un coeficiente de correlación excelente (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 96.07 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 4 muestras con un rango para Wprom SC entre (860 – 867) y para Wprom SR valores entre (100 – 500).

El sensor capacitivo posee un rango de trabajo menor, pero dicta similar comportamiento al sensor resistivo, el rango de trabajo del sensor capacitivo es de 696 – 900, siendo 900 el valor con bajo o nulo contenido de humedad y 696 con un alto contenido de humedad del suelo. Mientras que en el sensor resistivo los valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad). Se requiere mayor número de muestras para un ajuste idóneo del contenido de humedad.



Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -5 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.003(W_{prom\ SR}) + 1.269$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 54.71 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 4

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 54.71 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 4 muestras con un rango para γ_d (gr/cm³) entre (1.50 – 1.75) y para Wprom SR valores entre (100 – 500).

Se observa de derecha a izquierda que mientras los valores de humedad disminuyen en el sensor resistivo de 500 a 300, mayor contenido de humedad gravimétrica (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), entonces la densidad seca se incrementa, esto hasta un punto de inflexión que bordea a 300, después del punto de inflexión la densidad seca tiende a disminuir y valores de humedad se dan cercanos a 100 en el sensor resistivo o mayor contenido de humedad gravimétrica, lo cual sucede en simultáneo en el ensayo proctor.

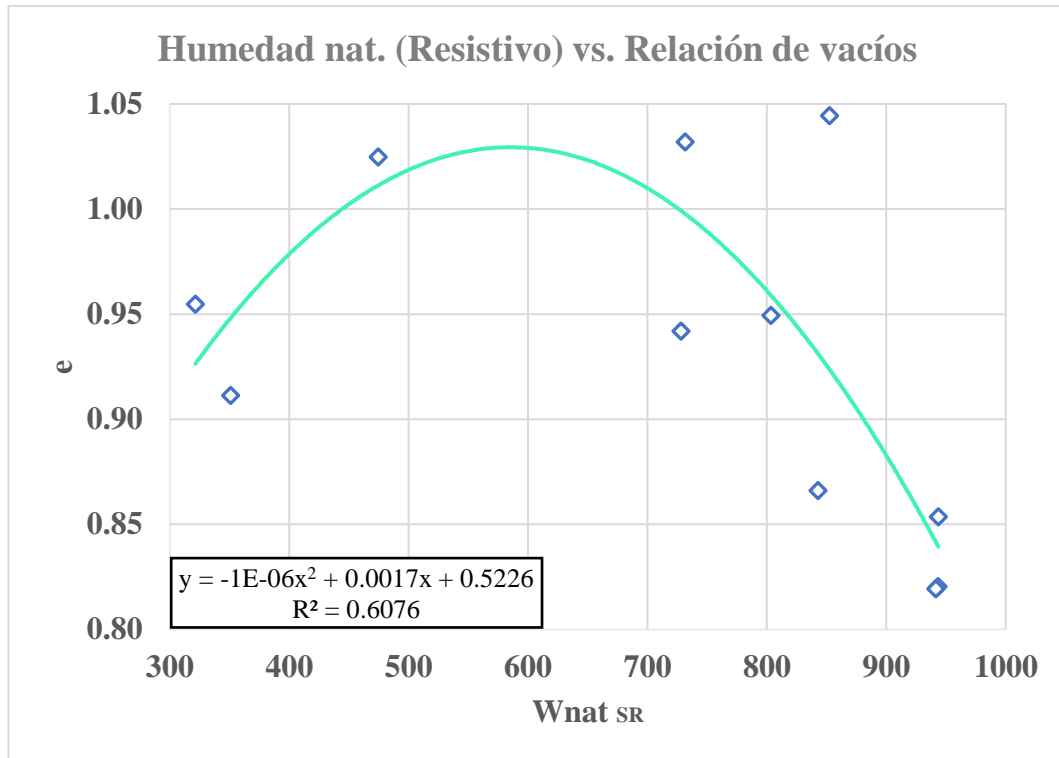


Fig. 54 Correlación e vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $e = -1 * 10^{-6}(Wnat SR)^2 + 0.0017(Wnat SR) + 0.5226$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 60.76 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 11

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre e vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 60.76 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 11 muestras con un rango para e entre (0.80 – 1.05) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se observa que mientras los valores de humedad aumentan en el sensor resistivo de 300 a 600, menor contenido de humedad gravimétrica (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), entonces la relación de vacíos se incrementa, esto hasta un punto de inflexión que bordea a 600, después del punto de inflexión la relación de vacíos tiende a disminuir y valores de humedad se dan cercanos a 1000 en el sensor resistivo o menor contenido de humedad gravimétrica.

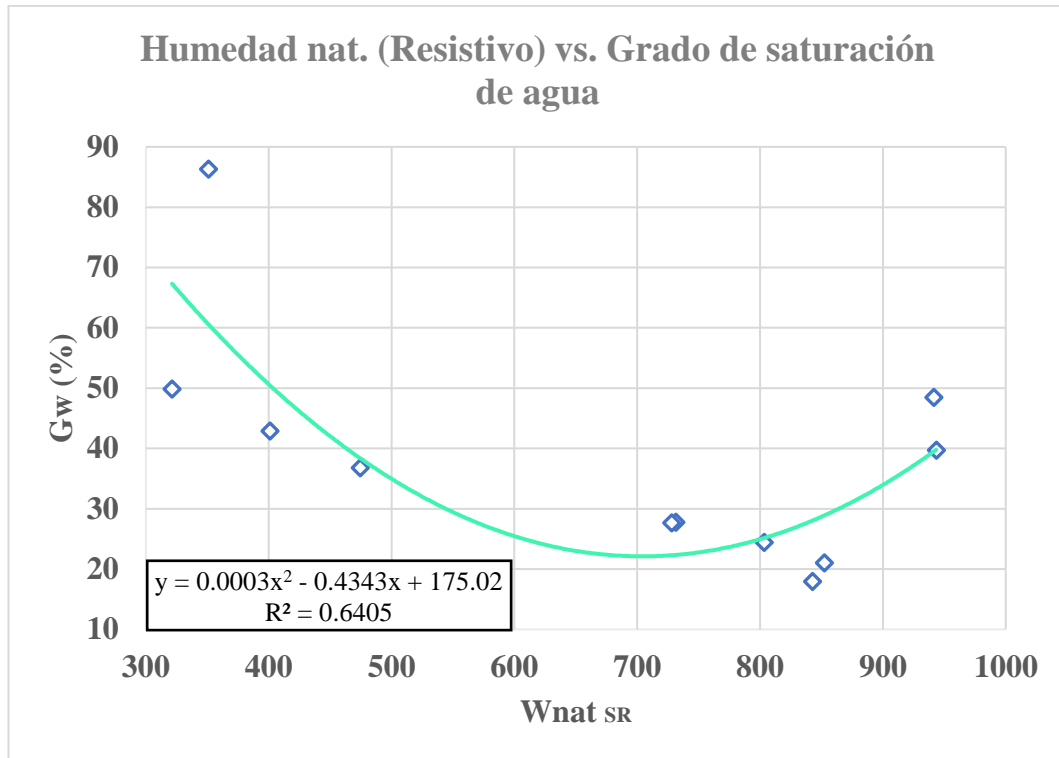


Fig. 55 Correlación Gw (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Gw = 0.0003(Wnat SR)^2 - 0.4343(Wnat SR) + 175.02$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 64.05 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 11

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre Gw (%) vs. Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 64.05 \%$, esto con el uso de una correlación polinómica simple. En el análisis de datos se utilizó 11 muestras con un rango para Gw (%) entre (10 – 90) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se observa que mientras los valores de humedad aumentan en el sensor resistivo de 300 a 600, menor contenido de humedad gravimétrica (valores cercanos a 1024 bajo o nulo contenido de humedad & valores cercanos a 0 mayor contenido de humedad), entonces el grado de saturación de agua minorará, esto hasta un punto de inflexión que bordea a 600, después del punto de inflexión el grado de saturación de agua tiende a aumentar y valores de humedad se dan cercanos a 1000 en el sensor resistivo o menor contenido de humedad gravimétrica.

3.1.5.2. Correlaciones múltiples

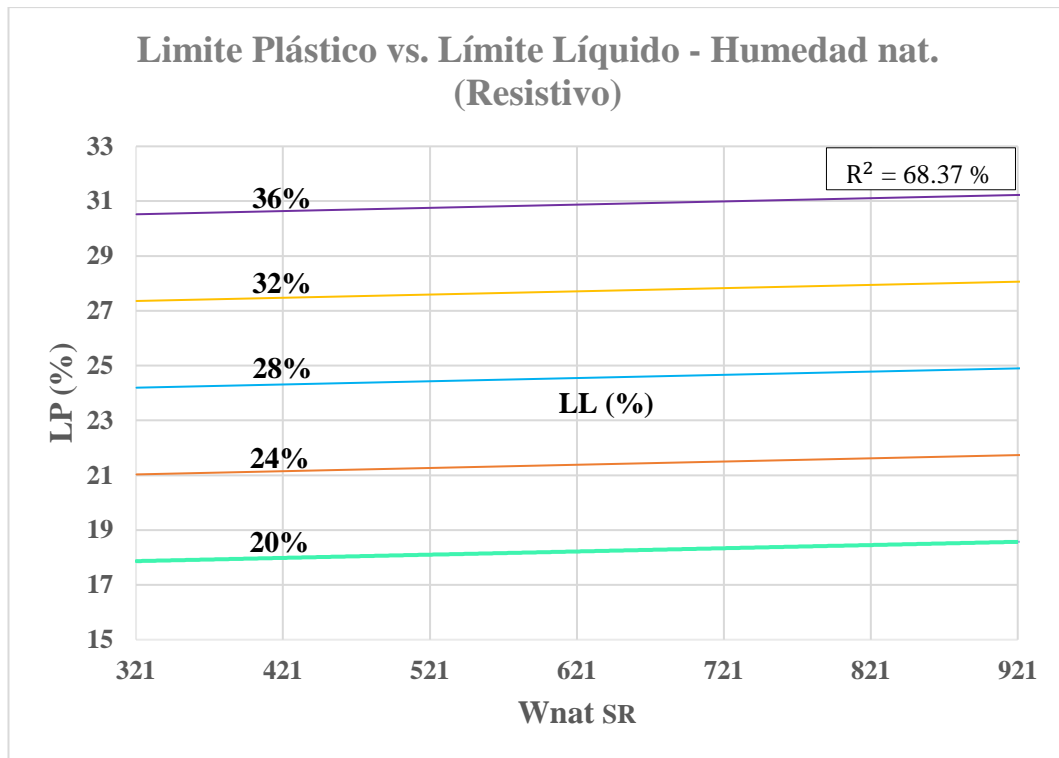


Fig. 56 Correlación LP (%) vs. LL (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $LP = 1.67 + 0.0012(Wnat\ SR) + 0.791(LL)$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 68.37\ %$ **Nº Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre LP (%) vs. LL (%) - Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 68.37\ %$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para LP (%) entre (15 – 33), LL (%) entre (20 – 36) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

El límite plástico y el límite líquido son directamente proporcionales. A razón que el límite plástico se incrementa el límite líquido también se aumenta. Esta relación es constante en cualquier valor de humedad obtenido mediante el sensor resistivo. En consecuencia, el contenido de humedad resistivo influye al mejorar la correlación entre el límite líquido y límite plástico con un rango de trabajo de 321 – 921.

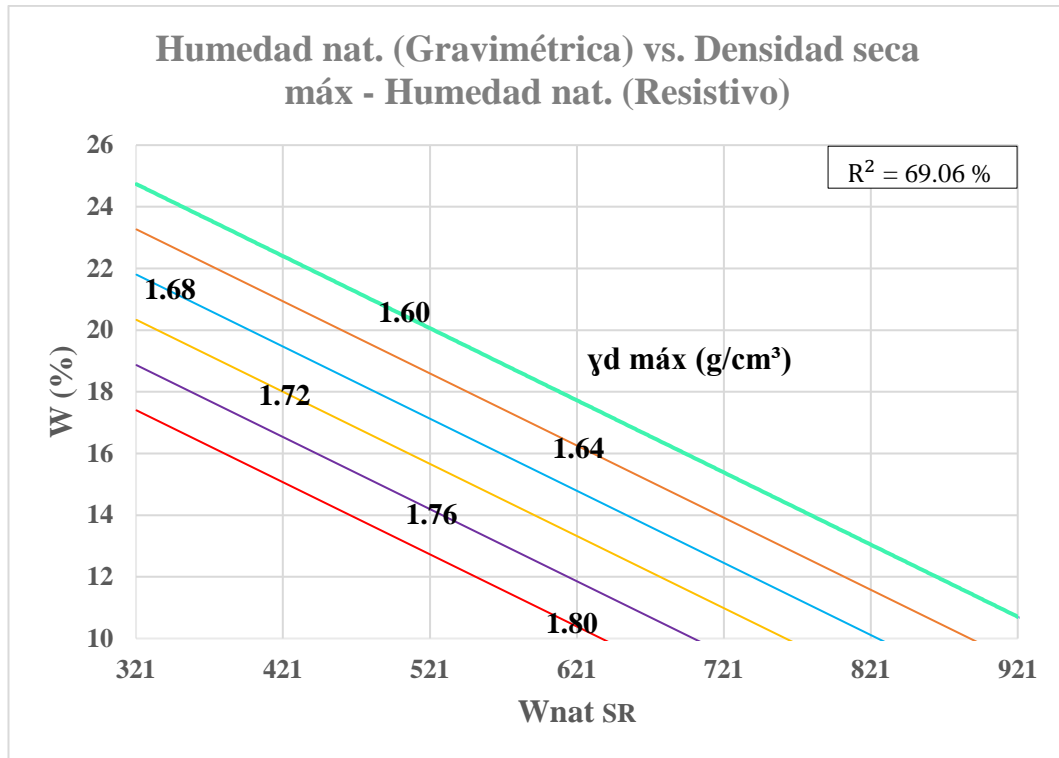


Fig. 57 Correlación W (%) vs. γ_d máx (g/cm³) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 90.92 - 0.0234(Wnat\ SR) - 36.671(\gamma_d\ máx)$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 69.06\ %$ **Nº Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. γ_d máx (g/cm³) - Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 69.06\ %$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W (%) entre (10 – 26), γ_d máx (g/cm³) entre (1.60 – 1.80) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

Se muestra en la gráfica que la densidad seca máxima de cada muestra de suelo es mayor, cuando el sensor resistivo presenta valores cercanos a 321 (alto contenido de humedad gravimétrico). Entonces el W (%) es inversamente proporcional al Wnat SR. Esto nos indica que mientras nos acercamos a la densidad seca máxima, aumentamos la humedad, pero perdemos resistencia y compactación de suelo.

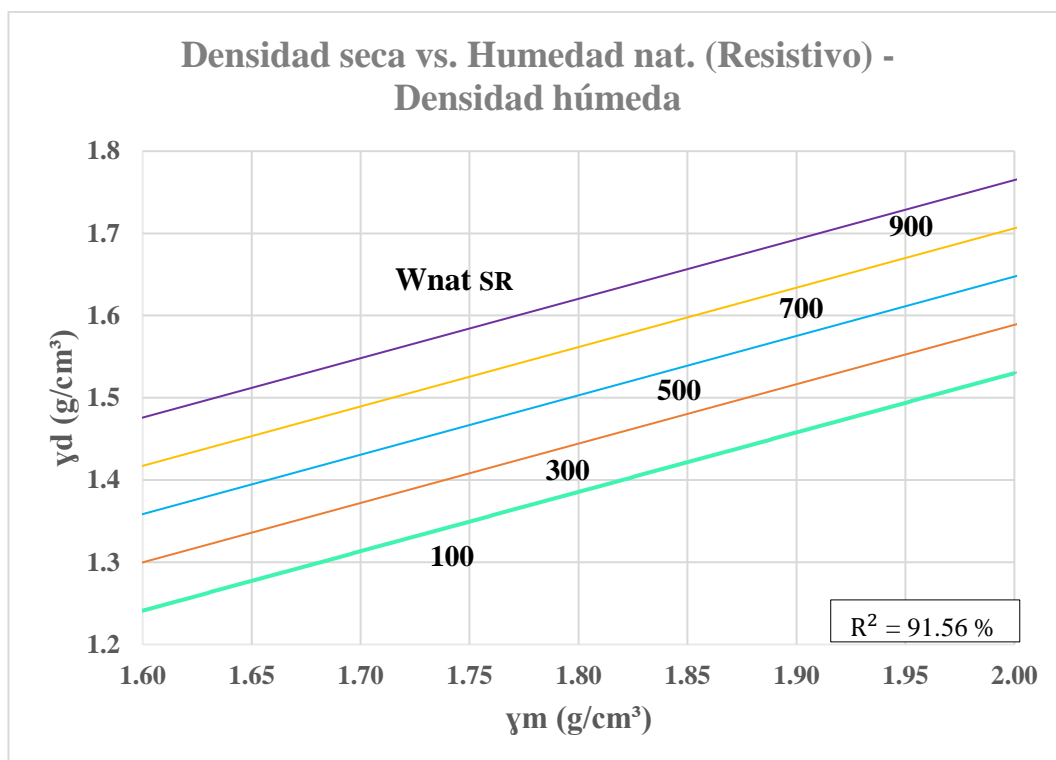


Fig. 58 Correlación γ_d (g/cm³) vs. Wnat SR - γ_m (g/cm³)

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 0.06 + 0.7222(\gamma_m) + 0.0003(\text{Wnat SR})$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 91.56 \%$ **N° Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre γ_d (g/cm³) vs. Wnat SR - γ_m (g/cm³) exhibe un coeficiente de correlación excelente (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 91.56 \%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para γ_d (g/cm³) entre (1.2 – 1.8), Wnat SR entre (100 – 900) y para γ_m (g/cm³) valores entre (1.6 – 2.0).

Existe una relación directamente proporcional entre las propiedades analizadas, a razón que aumenta la densidad seca para los distintos valores generados por el sensor resistivo (100, 300, 500, 700, 900), la densidad húmeda presenta también un incremento.

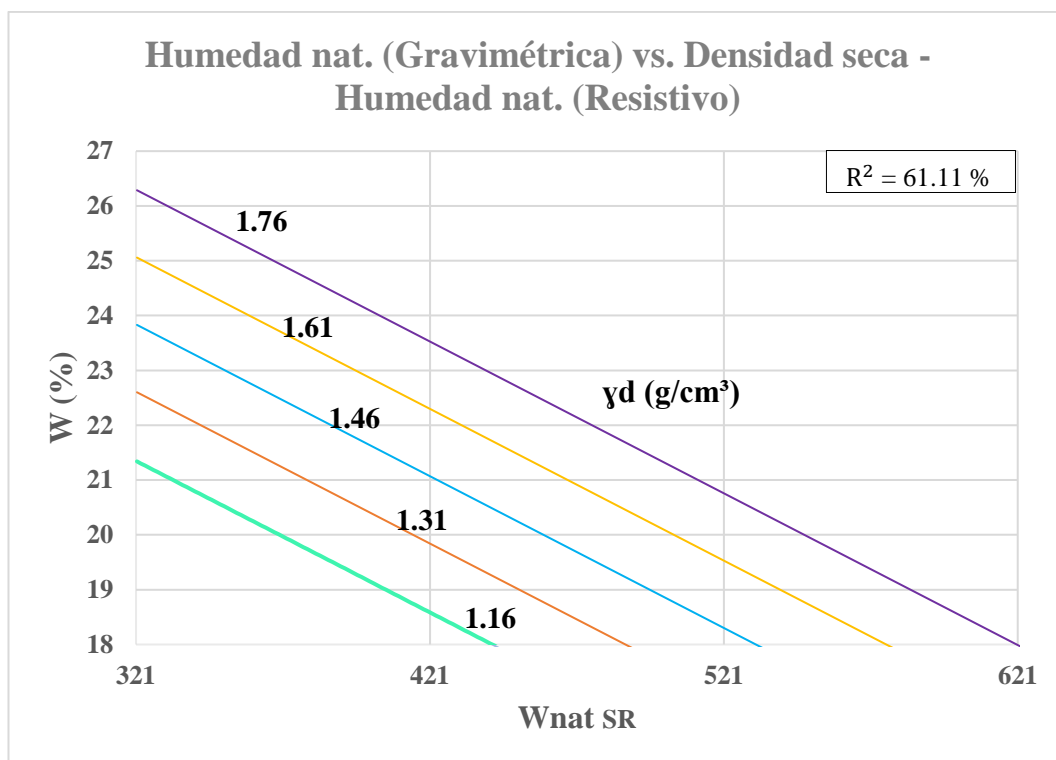


Fig. 59 Correlación W (%) vs. γ_d (g/cm³) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 20.77 - 0.0277(Wnat\ SR) + 8.19(\gamma_d)$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 61.11\%$ **N° Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. γ_d (g/cm³) - Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 61.11\%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W (%) entre (18 – 27), γ_d (g/cm³) entre (1.16 – 1.76) y para Wnat SR valores entre (300 – 700).

Existe una relación inversamente proporcional entre las propiedades analizadas, a medida que minora la humedad gravimétrica, los valores en el sensor resistivo se incrementan (indicando bajo contenido de humedad) y a su vez la densidad seca aumenta (para valores altos en el sensor resistivo), dado que la densidad del suelo es mayor que la densidad del agua.

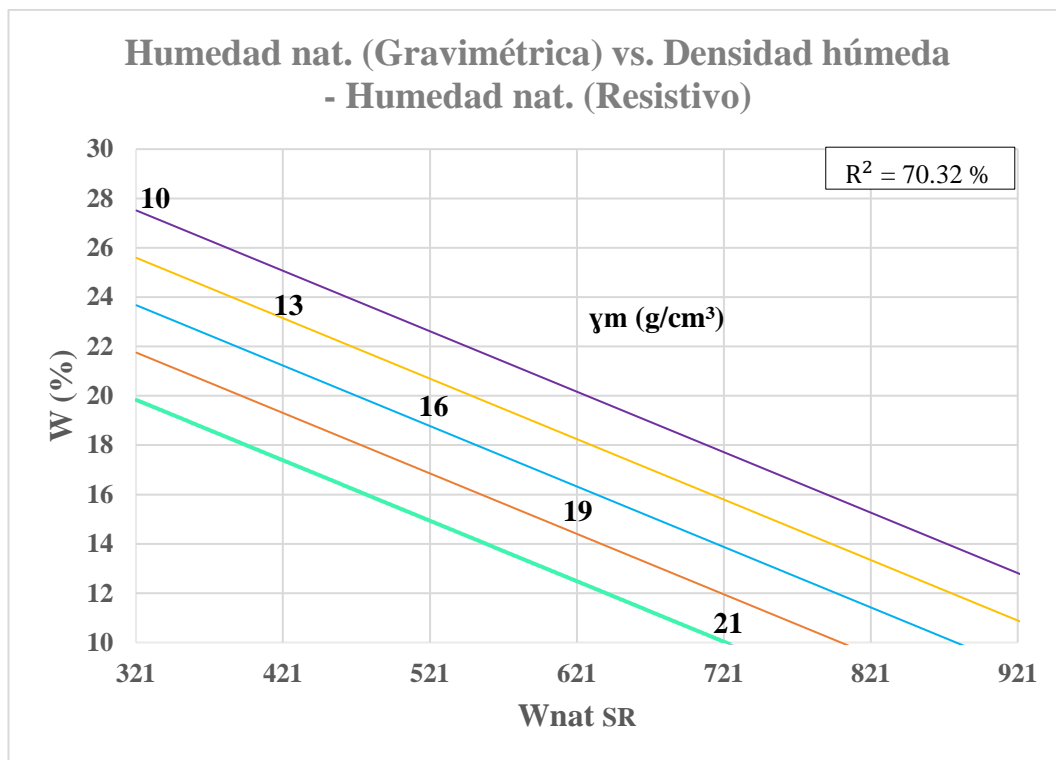


Fig. 60 Correlación W (%) vs. γ_m (g/cm³) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 12 - 0.0245(Wnat\ SR) + 11.30(\gamma_m)$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 70.32\%$

N° Muestras utilizadas: 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. γ_m (g/cm³) - Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación muy bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 70.32\%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W (%) entre (10 – 30), γ_m (g/cm³) entre (10 – 21) y para Wnat SR valores entre (300 – 1000).

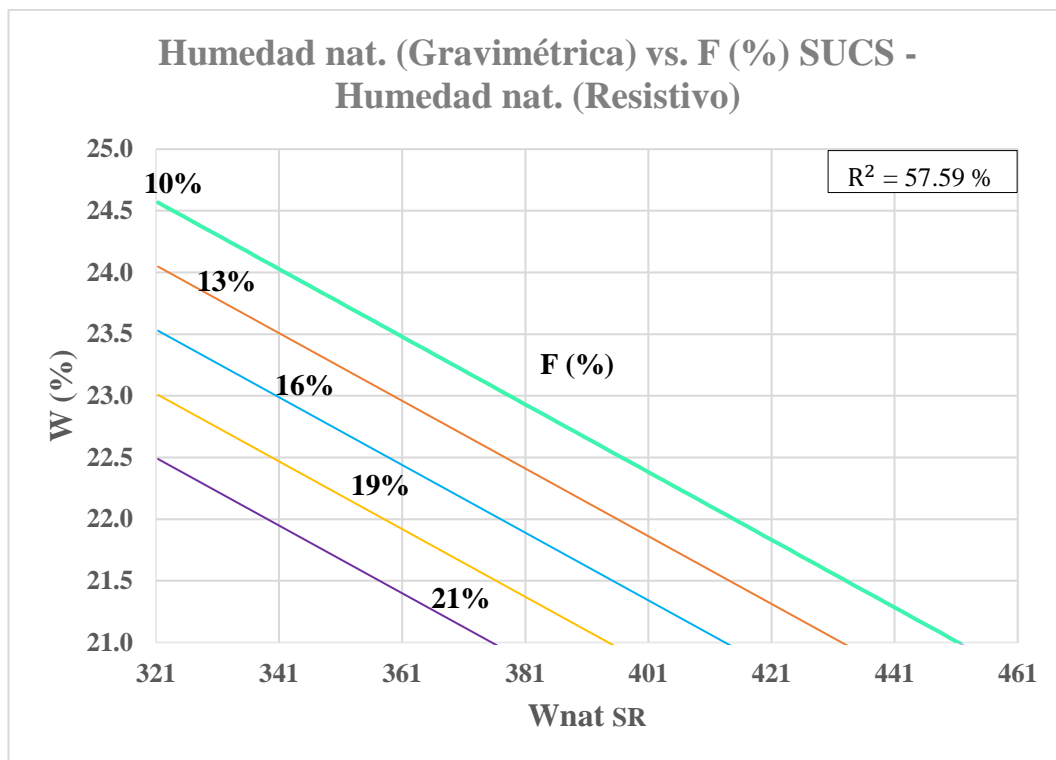


Fig. 61 Correlación W (%) vs. F (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 34.51 - 0.0274(Wnat\ SR) - 0.0445(F)$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 57.59\%$ **Nº Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. F (%) - Wnat SR exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 57.59\%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W (%) entre (21 – 25), F (%) entre (10 – 21) y para Wnat SR valores entre (300 – 500).

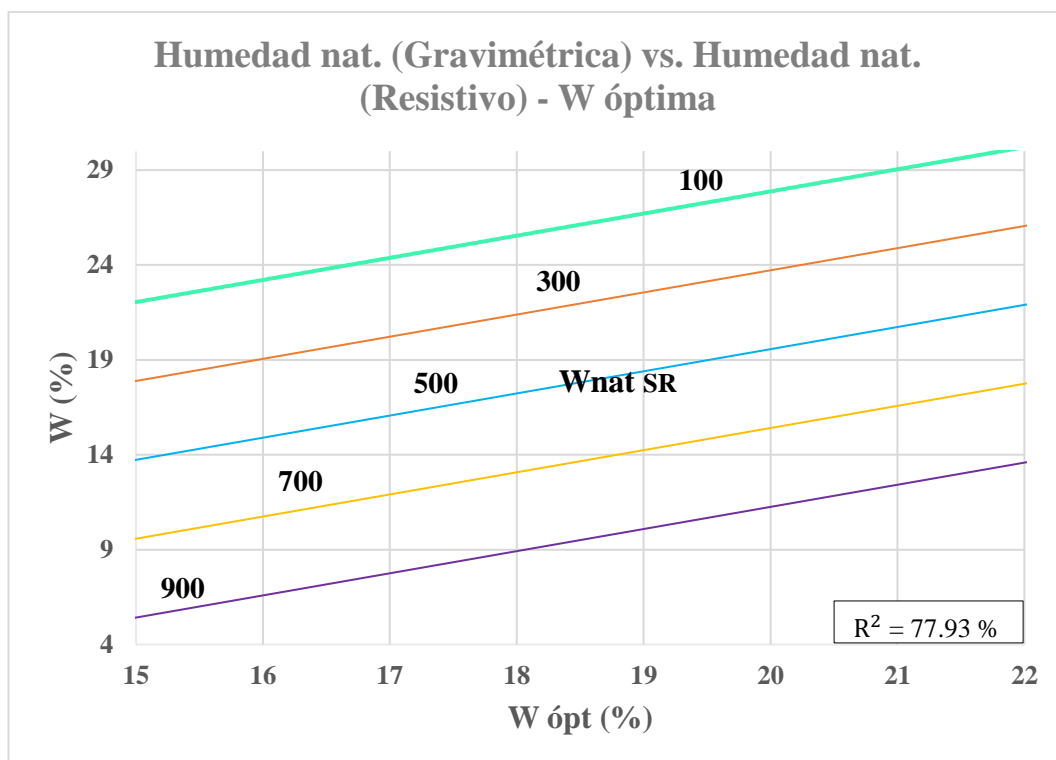


Fig. 62 Correlación W (%) vs. Wnat SR - W ópt (%)

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 6.62 + 1.1667(W \text{ ópt}) - 0.0208(Wnat \text{ SR})$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 77.93 \%$ **Nº Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. Wnat SR - W ópt (%) exhibe un coeficiente de correlación muy bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 77.93 \%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W (%) entre (4 – 29), Wnat SR entre (100 – 900) y para W ópt (%) valores entre (15 – 22).

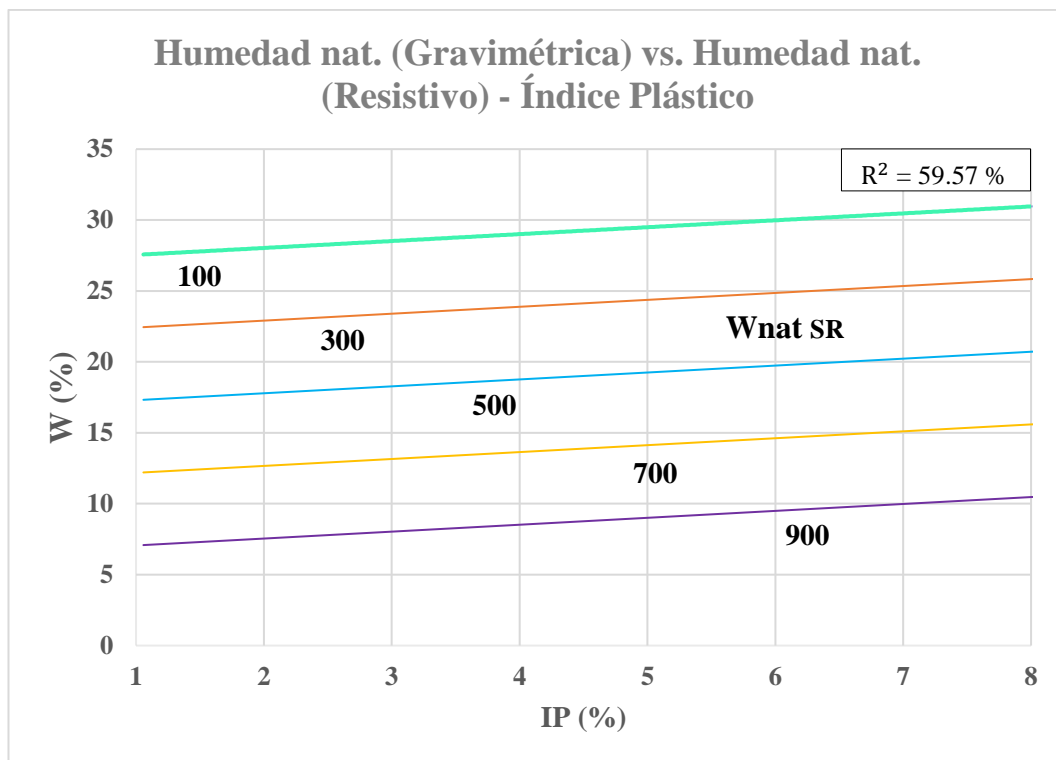


Fig. 63 Correlación W (%) vs. Wnat SR - IP (%)

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 29.62 + 0.4878(IP) - 0.0256(Wnat\ SR)$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 59.57\%$ **Nº Muestras utilizadas:** 15

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre W (%) vs. Wnat SR - IP (%) exhibe un coeficiente de correlación regular (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 59.57\%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 15 muestras con un rango para W (%) entre (0 – 35), Wnat SR entre (100 – 900) y para IP (%) valores entre (1 – 8).

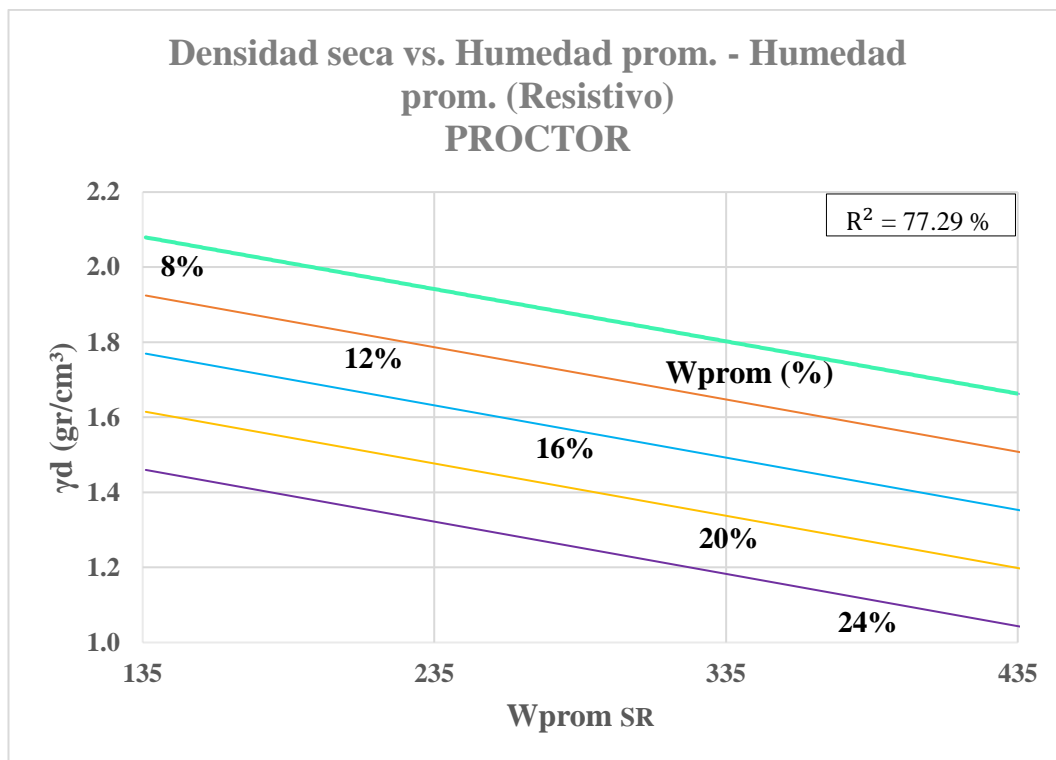


Fig. 64 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 2.58 - 0.0014(W_{\text{prom SR}}) - 0.039(W_{\text{prom}})$

Coefficiente de correlación: $R^2 = 77.29 \%$ **N° Muestras utilizadas:** 4

Análisis e interpretación:

El esquema de correlación entre γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR exhibe un coeficiente de correlación muy bueno (TABLA XIII), al tener un valor de $R^2 = 77.29 \%$, esto con el uso de una correlación lineal múltiple. En el análisis de datos se utilizó 4 muestras con un rango para γ_d (gr/cm³) entre (1.0 – 2.2), Wprom (%) entre (8 – 24) y para Wprom SR valores entre (100 – 500).

3.2. Verificación de hipótesis

Al finalizar la elaboración de correlaciones en referencia a las 15 muestras tomadas en campo, se han obtenido valores altos correspondientes al coeficiente de correlación R , esto nos dicta un grado de aceptable de confiabilidad en los resultados. Detallado esto, es favorable el uso de las ecuaciones resultado de dicho análisis de correlaciones, obteniéndose así valores de propiedades índice y mecánicas mediante el uso de sensores electrónicos de humedad (resistivos, capacitivos), además permitiendo determinar la humedad gravimétrica de los suelos, en el caso de no disponer de los equipos convencionales de laboratorio, optimizando tiempo con un rango óptimo en cuanto a la similitud de resultados.

Hipótesis nula (H_0): El uso de sensores electrónicos de humedad no influye en la optimización del tiempo y la exactitud de resultados al realizar ensayos de contenido de humedad del suelo.

Hipótesis alternativa (H_a): El uso de sensores electrónicos de humedad influye en la optimización del tiempo y la exactitud de resultados al realizar ensayos de contenido de humedad del suelo.

Se admite la hipótesis alternativa planteada, al tener un coeficiente de correlación que supera el 50%, determinado en todas las correlaciones analizadas, considerando la obtención de valores muy aproximados.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Al comparar la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos, se concluye que el sensor resistivo genera un coeficiente de correlación muy bueno, con un valor $R^2 = 76.63\%$, con un rango de trabajo entre 300 – 1000 en sus lecturas en campo.
- Al comparar la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos, se concluye que el sensor capacitivo genera un rango de trabajo que bordea un valor de 800 con mayor frecuencia, esto permite calificar dicha correlación como aceptable, en un estimado cualitativo para las lecturas en campo, pero con un muy buen desempeño cuantitativo en el ensayo Proctor.
- Se determinó la humedad natural en sitio, tanto con el sensor resistivo y capacitivo para los diferentes suelos granulares del cantón Ambato, con una base de datos que llega a un mínimo de 120 lecturas, con un rango de tabulación de datos de: un valor medio, más - menos una desviación estándar ($\bar{x} \pm \sigma$) por cada sitio donde se realizó los ensayos.
- Al determinar la humedad gravimétrica, densidad de sitio, granulometría, densidad seca máxima, humedad óptima, límites de consistencia y permeabilidad de las muestras de suelo, se obtiene una línea de tendencia polinómica de 2do grado en el 99% de correlaciones analizadas, esto indica que los sensores electrónicos capacitivo, resistivo se adaptan excelentemente a ecuaciones de 2do grado $ax^2 + bx + c = 0$.
- En el proceso para determinar la humedad óptima mediante los sensores electrónicos, en probetas de suelo obtenidas en el ensayo Proctor modificado tipo B, se establece que el sensor resistivo demora de (5 a 10) seg. en estabilizarse y entregar una lectura idónea, mientras que el sensor capacitivo se estabiliza en ± 3 seg., después de su colocación dentro de la muestra de suelo.

- Al contrastar numérica y gráficamente los resultados de los sensores resistivo y capacitivo, utilizados para medir la humedad gravimétrica en sitio y la humedad óptima, se promulga que los 2 sensores brindan resultados excelentes en trabajabilidad con el ensayo Proctor, ya que se obtiene coeficientes de correlación $R^2 \geq 90\%$ en la mayor parte de correlaciones analizadas, obteniéndose incluso el valor más alto de $R^2 = 99.99\%$ del total de 90 correlaciones efectuadas.
- En el análisis e interpretación de las correlaciones simples y múltiples de suelo, se obtuvo un rango de coeficientes de correlación $R^2 = (50.44 - 99.99)\%$, esto indica un grado de confiabilidad excelente en la similitud de resultados, entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos de tipo resistivo y capacitivo en este caso.
- Se determina que el uso de las ecuaciones resultado del análisis de correlaciones simples y múltiples, para obtener valores de propiedades índice y mecánicas es notablemente confiable, al no disponer de los equipos convencionales de laboratorio, optimizando tiempo en la obtención de valores con un rango aceptable en cuanto a la similitud de resultados o para llevar a cabo estudios previos de muestras de suelo, con un bajo costo y excelente trabajabilidad.
- Se concluye, que la hipótesis planteada en la investigación si se ha cumplido, debido a que la humedad entre cada uno de los sensores vs. la humedad gravimétrica genera muy buenos coeficientes de correlación, esto dado con varias muestras alrededor de 60, así como también en pequeñas muestras de trabajo 3 o más.
- El coeficiente de correlación entre la humedad natural del sensor resistivo vs. la humedad natural gravimétrica, que abarca un total de 12 muestras de suelo del cantón Ambato es de $R^2 = 76.63\%$, tomando en cuenta que las muestras están en su estado natural y el ensayo se lo realiza en condiciones de campo, no en condiciones de laboratorio controlada, se lo califica como muy bueno (TABLA XIII).

- El coeficiente de correlación entre la humedad promedio del sensor resistivo vs. la humedad promedio del ensayo Proctor, que abarca un total de 4 muestras (32 lecturas) de suelo del cantón Ambato, es de $R^2 = 91.96\%$, tomando en cuenta que el ensayo se lo realiza en condiciones de laboratorio controlada, a la par de la ejecución del ensayo Proctor modificado tipo B, se lo califica como muy bueno (TABLA XIII).
- Llevado a cabo el 80% del trabajo en campo y en laboratorio en el levantamiento de los valores de humedad, los sensores presentan una decoloración, esto por efectos de desgaste, pero su funcionalidad y eficacia al mostrar los valores alcanzados de humedad no merma, concluyendo que existe una vida útil prolongada del circuito y de los sensores electrónicos, esto acompañado del bajo costo de adquisición de los mismos en comparación a equipos de un laboratorio de mecánica de suelos.

4.2. Recomendaciones

- Para evaluar la humedad natural con los sensores electrónicos en campo, se recomienda realizar una incisión en el área de suelo seleccionado (en suelos con un alto grado de dureza), dicha incisión de una longitud igual a la mitad de longitud del sensor.
- Posterior a cada medición con los sensores electrónicos, se sugiere realizar la limpieza de los residuos de suelo que se pudieran pegar en los sensores, esto con una franela limpia y seca.
- Efectuada cada medición de las muestras de suelo seleccionadas, si el tiempo de traslado hacia la nueva calicata de trabajo es considerable, retirar la fuente de alimentación del sensor para prolongar la vida útil de la batería de este.
- Con la calicata lista para iniciar la toma de valores, se recomienda efectuar el ensayo con los sensores electrónicos previo al ensayo de densidad de campo con arena de Ottawa, además realizar otro ensayo con los sensores posterior al ensayo de densidad de campo, esto para corroborar los valores alcanzados y dar una mayor confiabilidad.
- En el ensayo de laboratorio al tomar las humedades promedio del sensor resistivo y capacitivo del Proctor modificado tipo B, se sugiere hacer una incisión del suelo con el sensor a una distancia de 1 pulgada o 2.5cm del borde del cilindro compactado, ya que en este lugar se observó una mayor estabilidad de entre los valores obtenidos.
- Al realizar la toma de valores con los sensores de humedad del suelo, se recomienda no presionar de forma excesiva el sensor contra el suelo, puesto que podría llegar a romperse, y realizar la incisión con el sensor hasta máximo las 3/4 partes de su longitud.
- Se recomienda ubicar el punto de extracción de muestras de suelo con las coordenadas GPS del sitio, en el sistema cartográfico seleccionado para llevar a cabo el proyecto, además de seleccionar zonas de corte del terreno, logrando que el terreno sea natural, sin capa vegetal o previamente manipulados.
- En el ensayo de permeabilidad en campo, se sugiere que una vez colocada la tubería del ensayo se coloque el suelo alrededor en 3 capas de similar tamaño y compactar cada capa de suelo, para evitar fugas de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Hughes, “ASTM D - 2216 - 98,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, 2008, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [2] M. S. Gómez Lorenzini and S. Vidal Arcos, “Correlación de determinación de humedad de suelos por medio de secado en horno y en microondas,” *Rev. la Construcción*, vol. 6, no. 1, pp. 28–34, 2007.
- [3] E. C. Martin and C. Munoz, “Métodos para medir la humedad del suelo para la programación del riego ¿cuándo?,” no. September, 2010.
- [4] C. Schugurensky and F. Capraro, “Control automático de riego agrícola con sensores capacitivos de humedad de suelo. Aplicaciones en vid y olivo,” no. December 2013, 2013.
- [5] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, *Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México D.F., 2005.
- [6] J. C. Guerra Torralbo, *Mecánica de Suelos: Conceptos básicos y aplicaciones*. Madrid, 2018.
- [7] A. Polanco Rodríguez, *Prácticas de laboratorio de Mecánica de Suelos I*. México D.F.
- [8] I. F. Caro Cardona, “Construcción y caracterización de un dispositivo portátil para la medición de humedad de suelos,” Universidad de San Buenaventura Seccional Medellín, 2014.
- [9] C. A. González Murillo, “Contenido de humedad del agua en el suelo,” p. 8, 1990.
- [10] R. F. Rocha L., “Guía de medición de humedad del suelo: Método del tacto.”
- [11] Portalfruticola, “Métodos de medición de humedad del suelo: Del campo al laboratorio,” 2018. [Online]. Available: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/30/metodos-de-medicion-de-humedad-del-suelo-del-campo-al-laboratorio/>. [Accessed: 28-Jul-2020].

- [12] M. Bravo Espinosa, B. Serrato Barajas, L. Fregoso Tirado, and L. Medina Orozco, "Empirical evaluation of the time domain reflectometry for water content measurement," vol. 27, pp. 171–176, 2009.
- [13] V. Walt, "TDR Pico soil moisture probes - Humedad del suelo." [Online]. Available: <https://www.vanwalt.com/es/equipo/tdr-pico-soil-moisture-probes/>. [Accessed: 31-Jul-2020].
- [14] J. A. Sánchez Lizárraga and J. E. Yataco Morillo, "Propiedades índice de los suelos y su relación con el diseño estructural de los pavimentos en el distrito de Nuevo Chimbote," Universidad Nacional del Santa, 2017.
- [15] J. E. Bowles, *Manual de suelos en Ingeniería Civil*. México D.F., 1980.
- [16] B. Lahuatte and M. Recalde, "Propiedades físico - químicas del suelo como instrumento de evaluación a las estrategias de restauración implementadas en áreas degradadas de paramo, caso de estudio: Microcuencas Antisana y Pita," Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [17] W. Lambe and R. Whitman, *Mecánica de Suelos*. México, 2004.
- [18] Universidad de Sonora, "Ensayes de campo y laboratorio en el control de calidad de obra." México D.F., p. 20.
- [19] O. Giraldo Bolívar, "Manual de agregados para el hormigón," 2003.
- [20] D. Braja M., *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta Edi., no. 1. México, 2013.
- [21] J. L. Ocas De La Cruz, "Influencia de la energía de compactación en el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca en los suelos granulares," Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.
- [22] A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, and J. C. Rico Noguera, *Guía práctica de sensores*. España, 2010.
- [23] Soil Scout, "Solution description," 2020. [Online]. Available: <https://soilscout.com/solution/>.

- [24] Patagoniatec Electrónica, “Sensor de humedad de suelo YL-69 - soil moisture - PatagoniaTec.” [Online]. Available: <https://saber.patagoniatec.com/2014/11/sensor-de-humedad-de-suelo-tierra-soil-moisture-arduino-yl-69-ptec/>. [Accessed: 29-Jul-2020].
- [25] DFRobot Forum, “Capacitive soil moisture sensor SKU SEN0193 - DFRobot.” [Online]. Available: https://wiki.dfrobot.com/Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU_SEN0193#target_4. [Accessed: 29-Jul-2020].
- [26] GAD Parroquial Totoras, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Totoras 2015-2023.,” *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–169, 2014.
- [27] GAD Parroquial Montalvo, “Breve reseña histórica e introducción de la parroquia Montalvo,” pp. 1–32, 1986.
- [28] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pasa, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia rural Pasa 2015-2019,” 2015.
- [29] J. Ortega, S. Silva, and S. Baroja, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Pilahuín 2015-2020.,” 2017.
- [30] GAD Parroquial Juan Benigno Vela, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Juan Benigno Vela 2015-2019.,” pp. 1–158, 2015.
- [31] GAD Santa Rosa, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Santa Rosa,” 2012.
- [32] GAD Parroquial Augusto Martínez, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Augusto Martínez 2015-2019.,” 2019.
- [33] GAD Constantino Fernández, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Constantino Fernández 2015-2019.,” 2015.
- [34] GAD San Bartolomé de Pinllo, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia San Bartolomé de Pinllo 2015-2019.,” pp. 1–116, 2015.
- [35] GAD Ambatillo, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Ambatillo 2015-2019.,” 2015.

- [36] GAD Quisapincha, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Quisapincha 2015-2019.,” 2015.
- [37] GAD Huachi Grande, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Huachi Grande 2014-2019.,” pp. 1–138, 2015.
- [38] GAD Parroquial Picaihua, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Picaihua 2015-2019.,” pp. 1–123, 2015.
- [39] GAD Parroquial Izamba, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquia Izamba 2015-2019.,” pp. 1–50, 2015.
- [40] GAD Municipalidad de Ambato, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Ambato provincia de Tungurahua.” Ambato, pp. 1–410, 2013.
- [41] S. Murray R and S. Larry J, *Estadística Cuarta edición*. México D.F., 2009.
- [42] C. Martinez Bencardino, *Estadística y muestreo (13a. ed.)*, Ecoe Edici. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2018.

ANEXOS

Anexo A: Correlaciones

Correlaciones simples

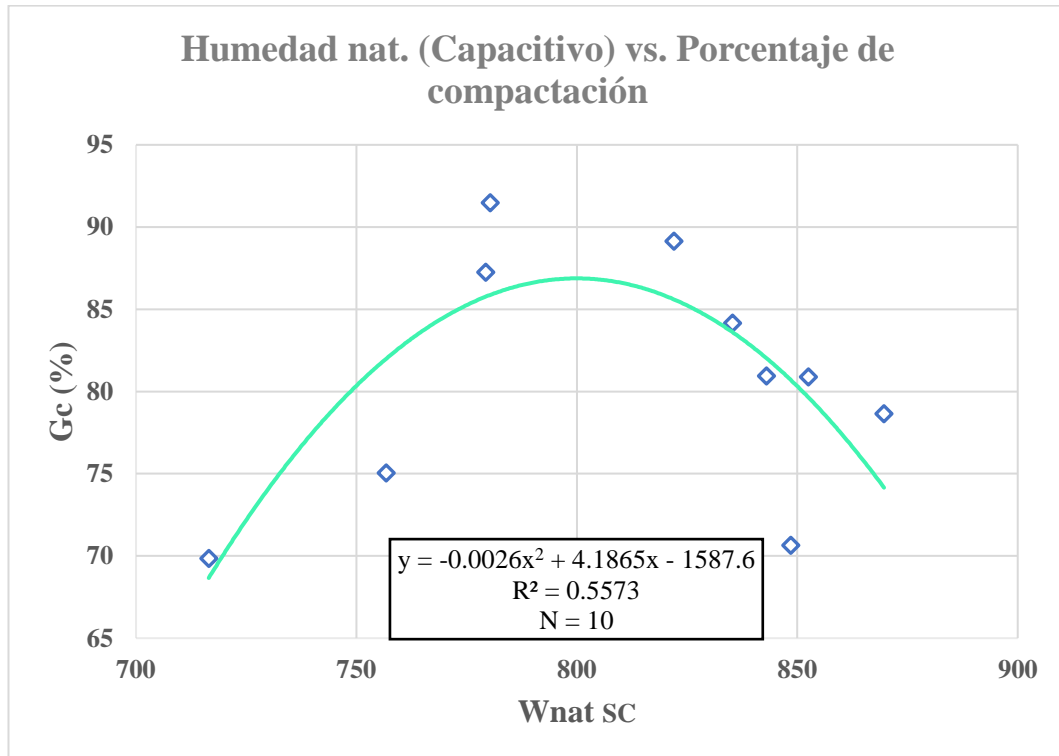


Fig. 65 Correlación Gc (%) vs. Wnat SC

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Gc = -0.0026(Wnat\ SC)^2 + 4.1865(Wnat\ SC) - 1587.6$

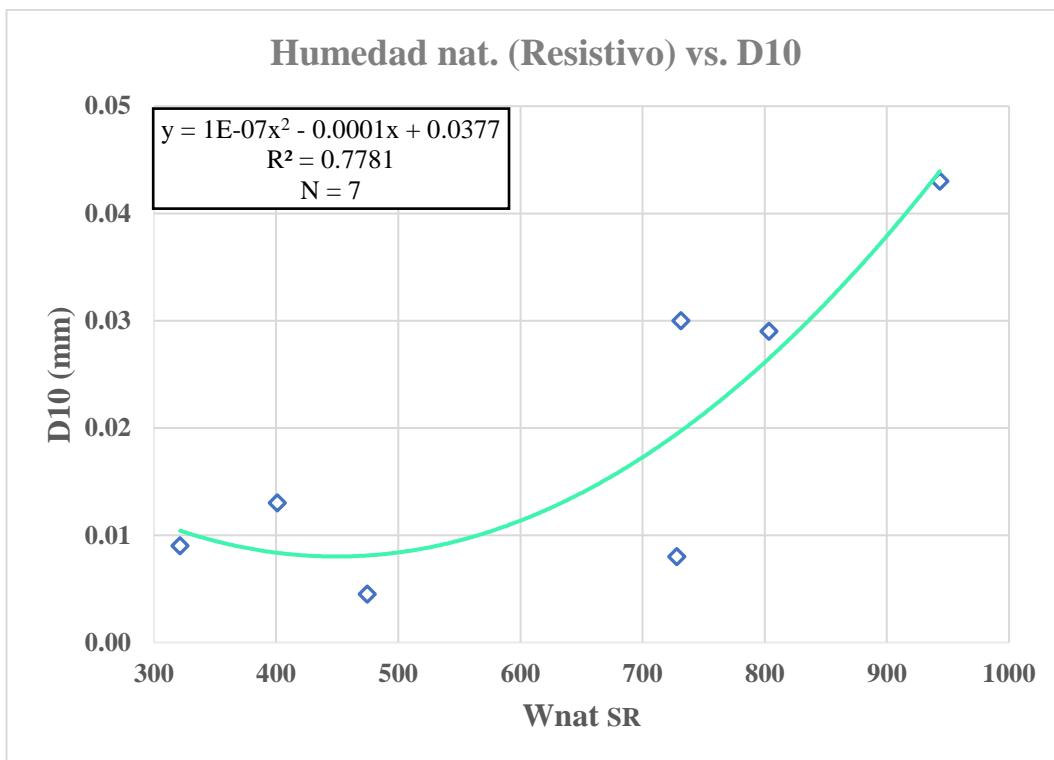


Fig. 66 Correlación D10 (mm) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $D10 = 1 * 10^{-7}(Wnat SR)^2 - 0.0001(Wnat SR) + 0.0377$

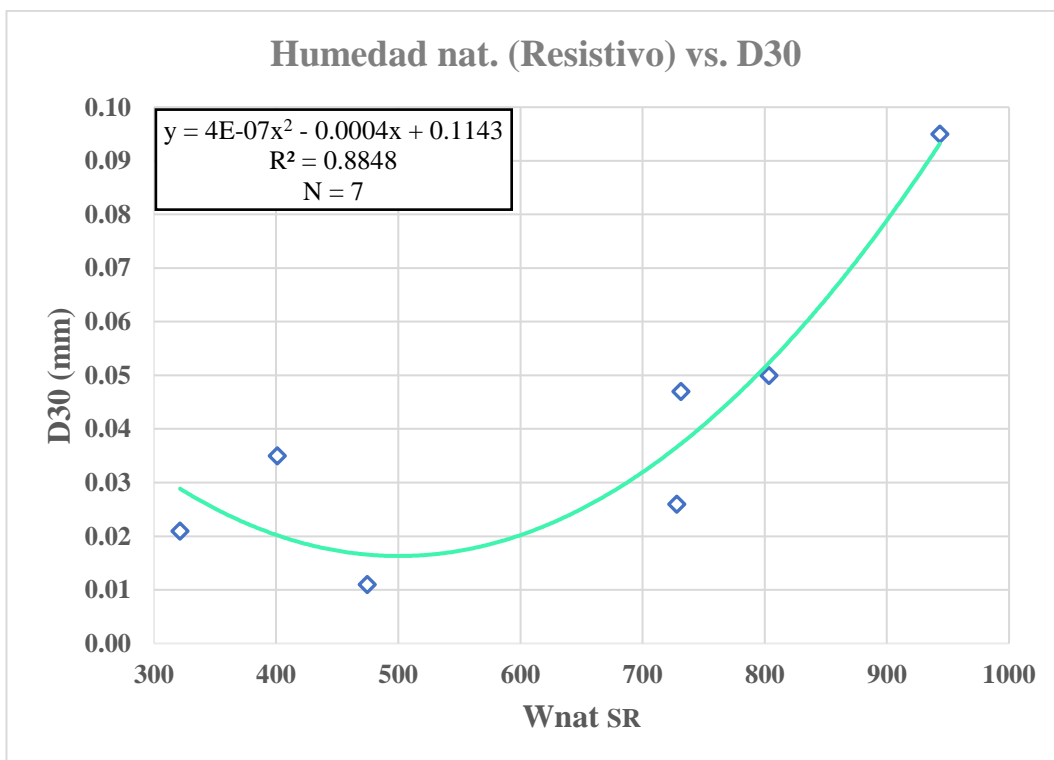


Fig. 67 Correlación D30 (mm) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $D30 = 4 * 10^{-7}(Wnat SR)^2 - 0.0004(Wnat SR) + 0.1143$

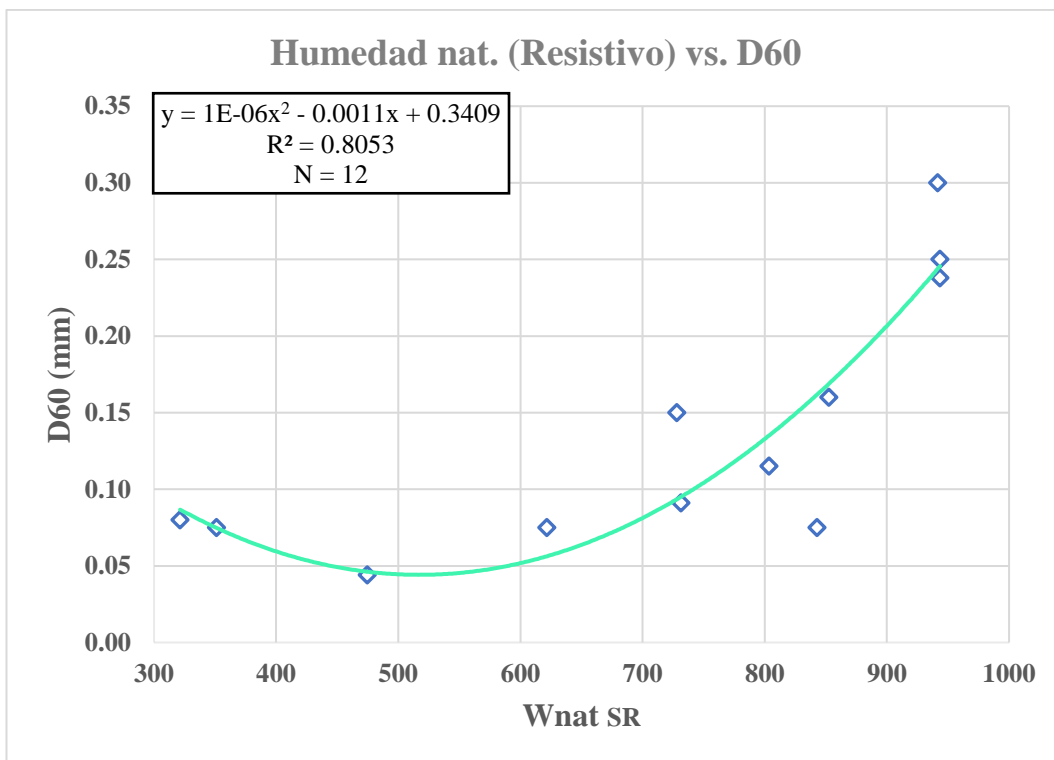


Fig. 68 Correlación D60 (mm) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $D60 = 1 * 10^{-6}(Wnat SR)^2 - 0.0011(Wnat SR) + 0.3409$

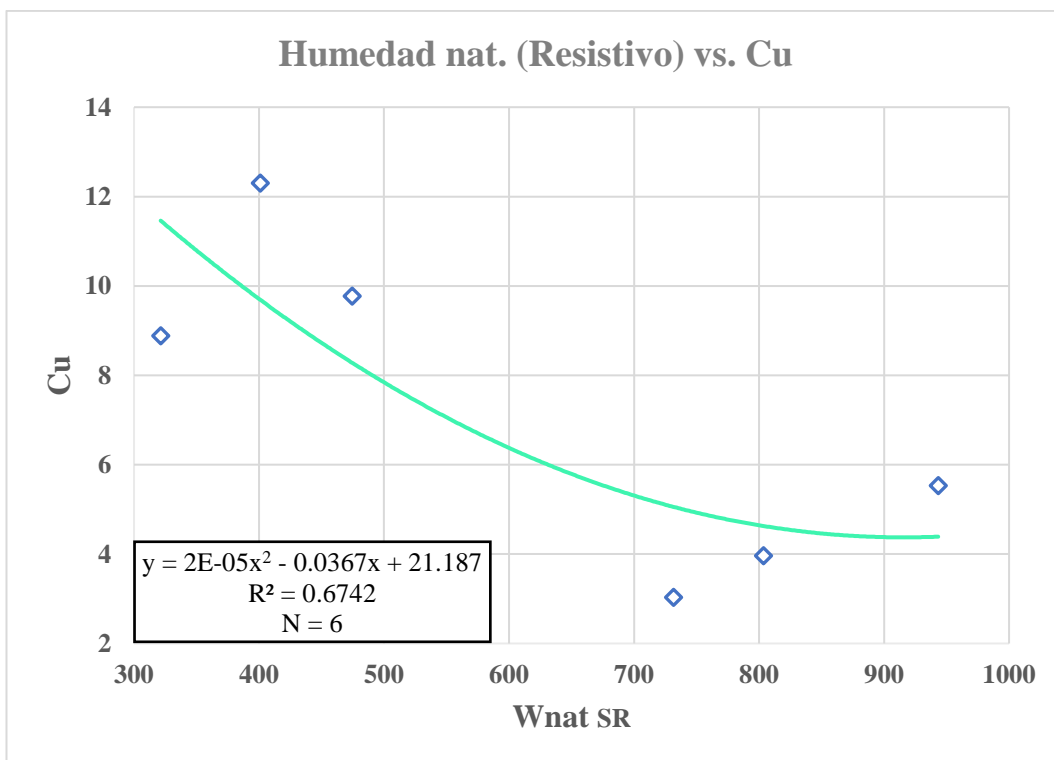


Fig. 69 Correlación Cu vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Cu = 2 * 10^{-5}(Wnat SR)^2 - 0.0367(Wnat SR) + 21.187$

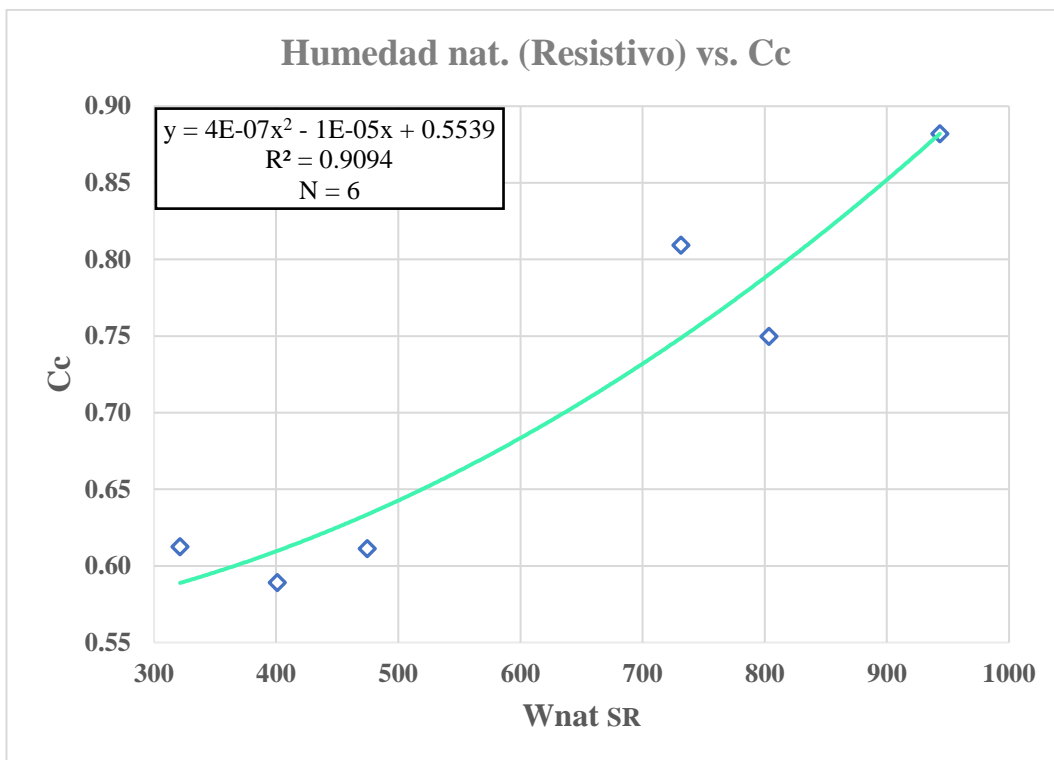


Fig. 70 Correlación Cc vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Cc = 4 * 10^{-7}(Wnat SR)^2 - 1 * 10^{-5}(Wnat SR) + 0.5539$

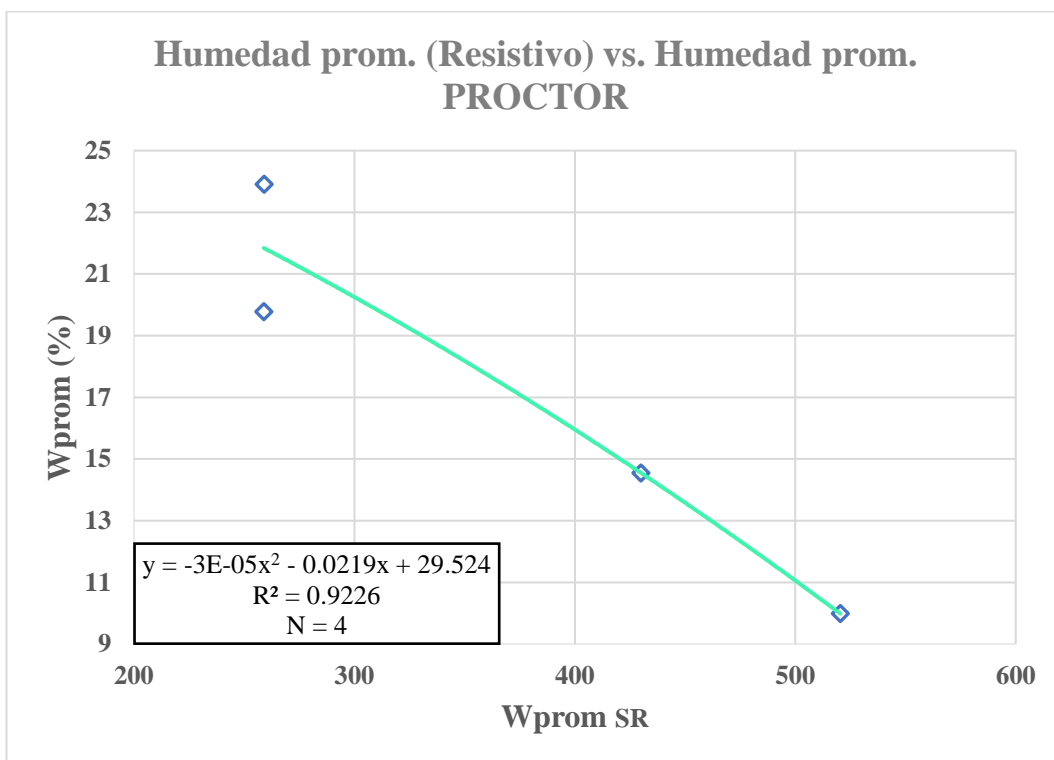


Fig. 71 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = -3 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0219(Wprom SR) + 29.524$

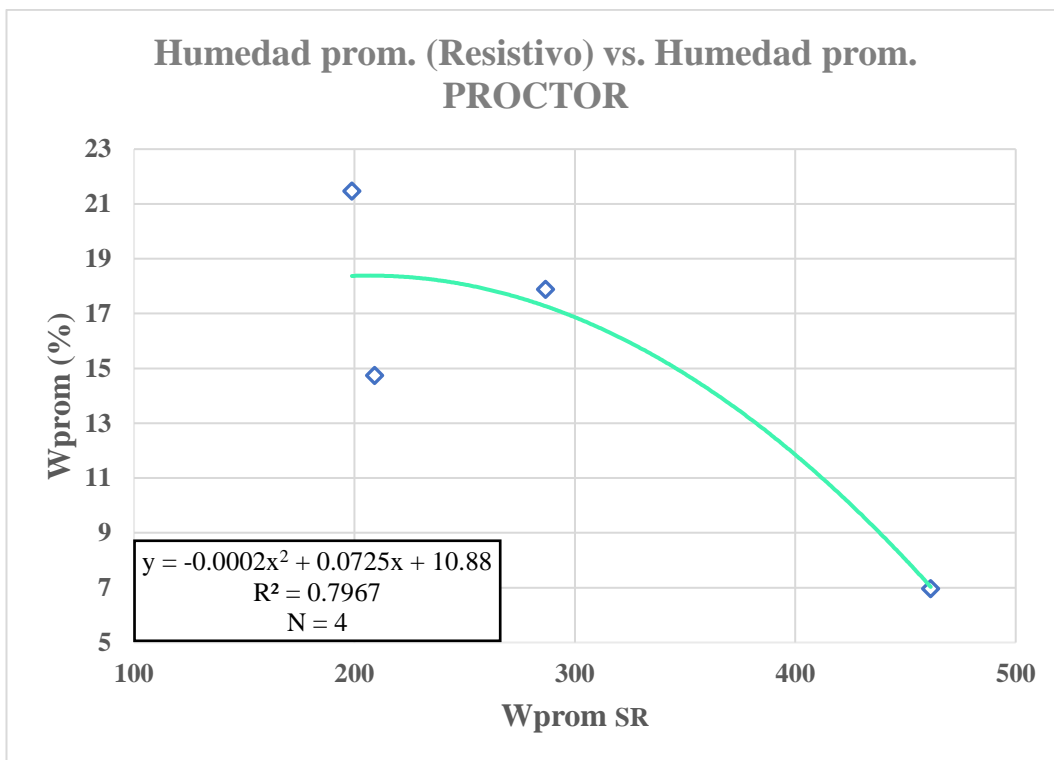


Fig. 72 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = -0.0002(Wprom SR)^2 + 0.0725(Wprom SR) + 10.88$

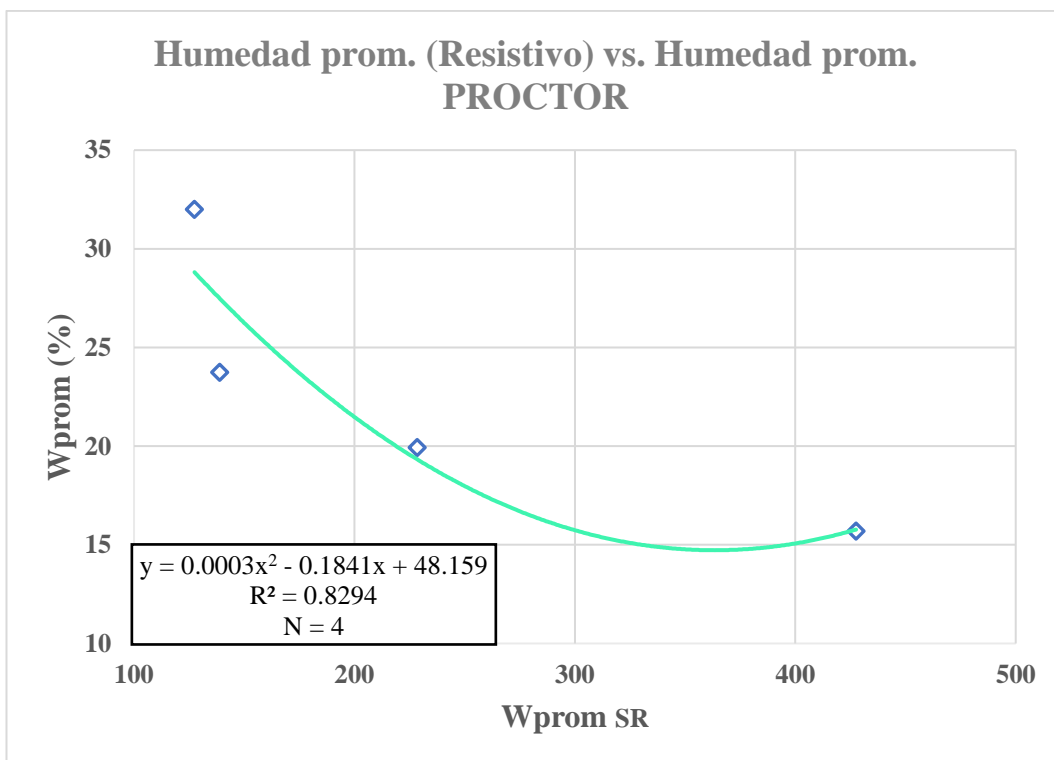


Fig. 73 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 0.0003(Wprom SR)^2 - 0.1841(Wprom SR) + 48.159$

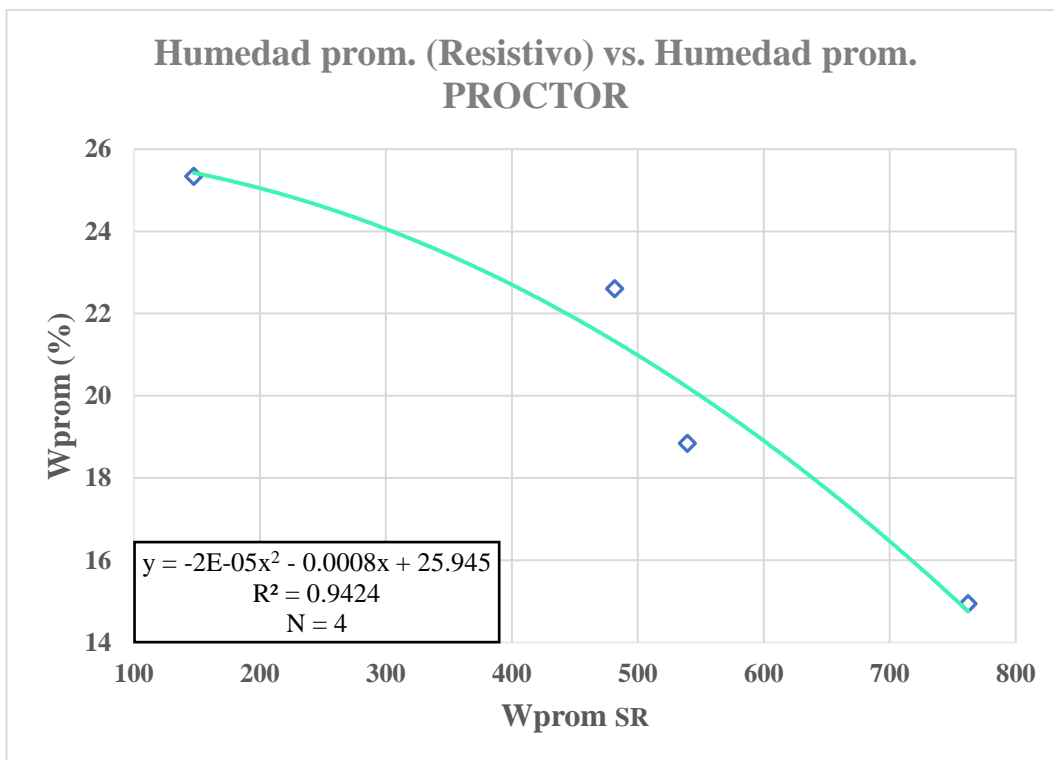


Fig. 74 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = -2 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0008(Wprom SR) + 25.945$

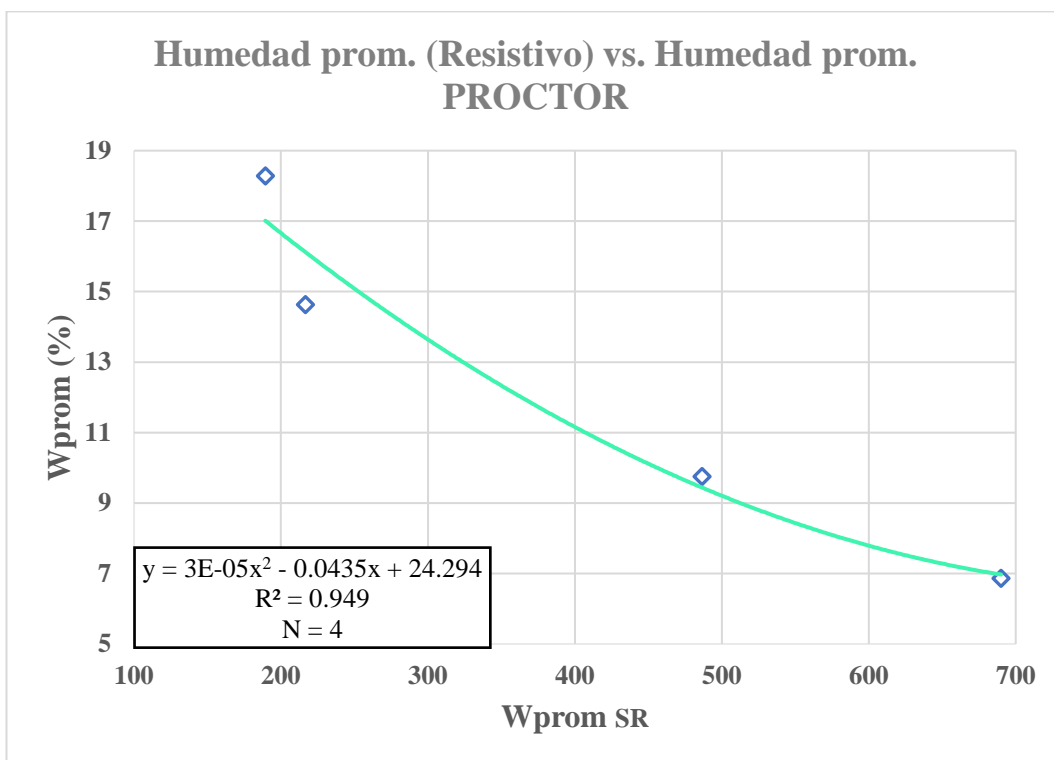


Fig. 75 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 3 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0435(Wprom SR) + 24.294$

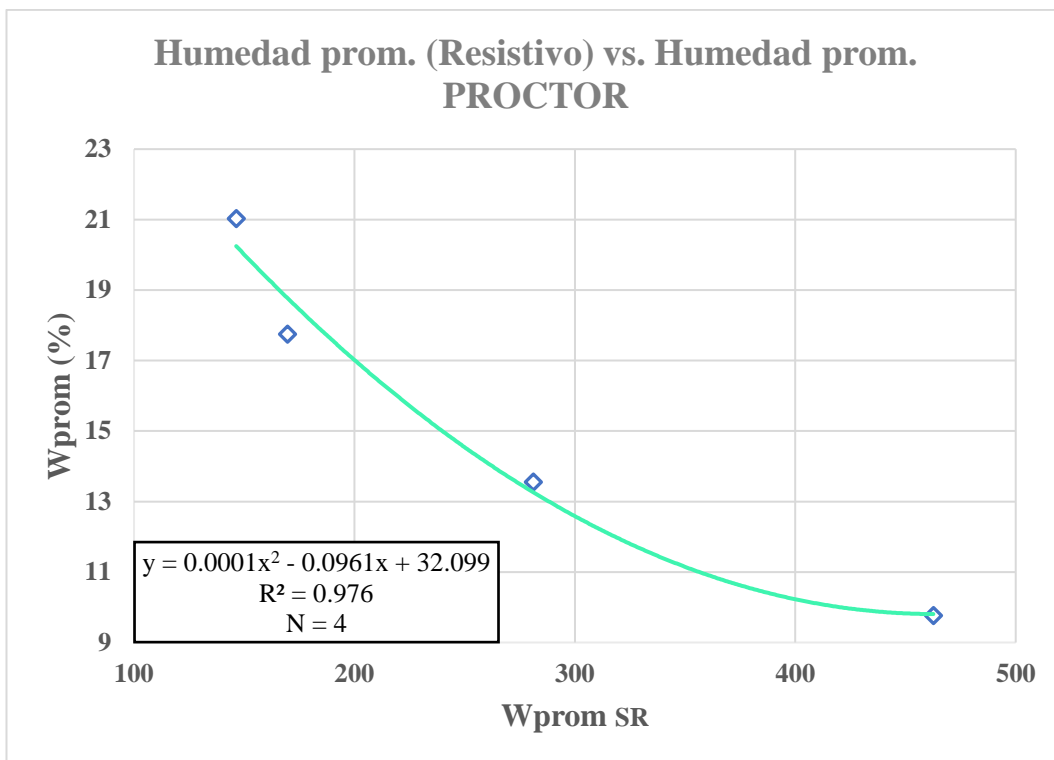


Fig. 76 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 0.0001(Wprom\ SR)^2 - 0.0961(Wprom\ SR) + 32.099$

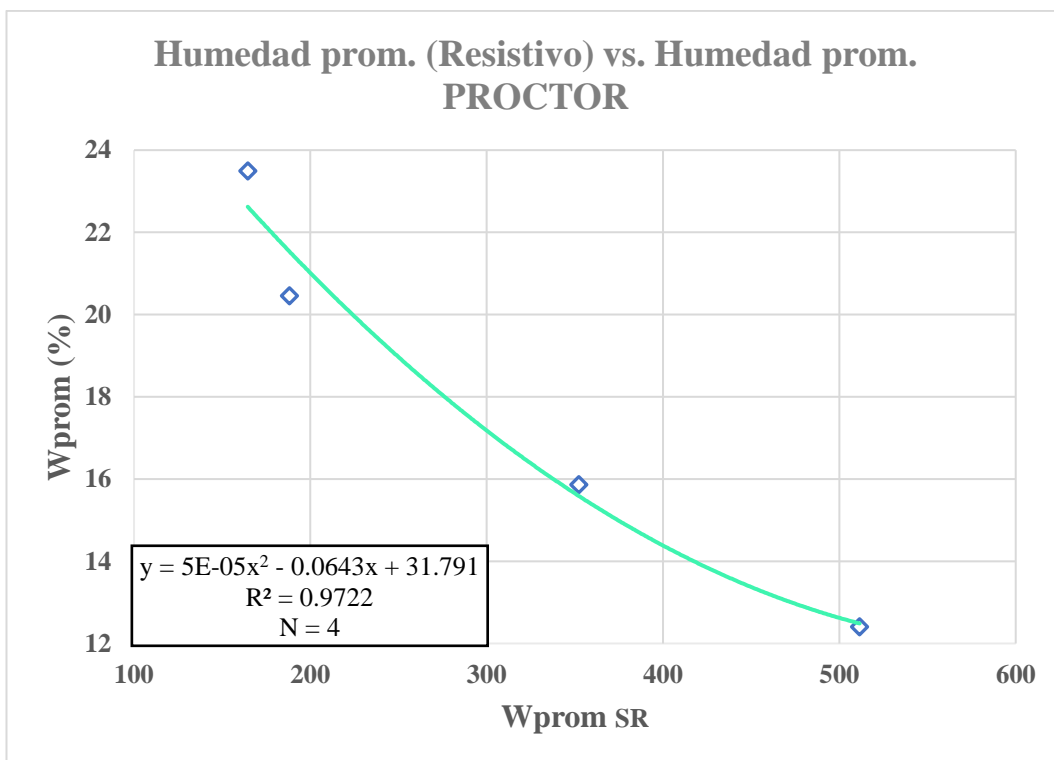


Fig. 77 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 5 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0643(Wprom\ SR) + 31.791$

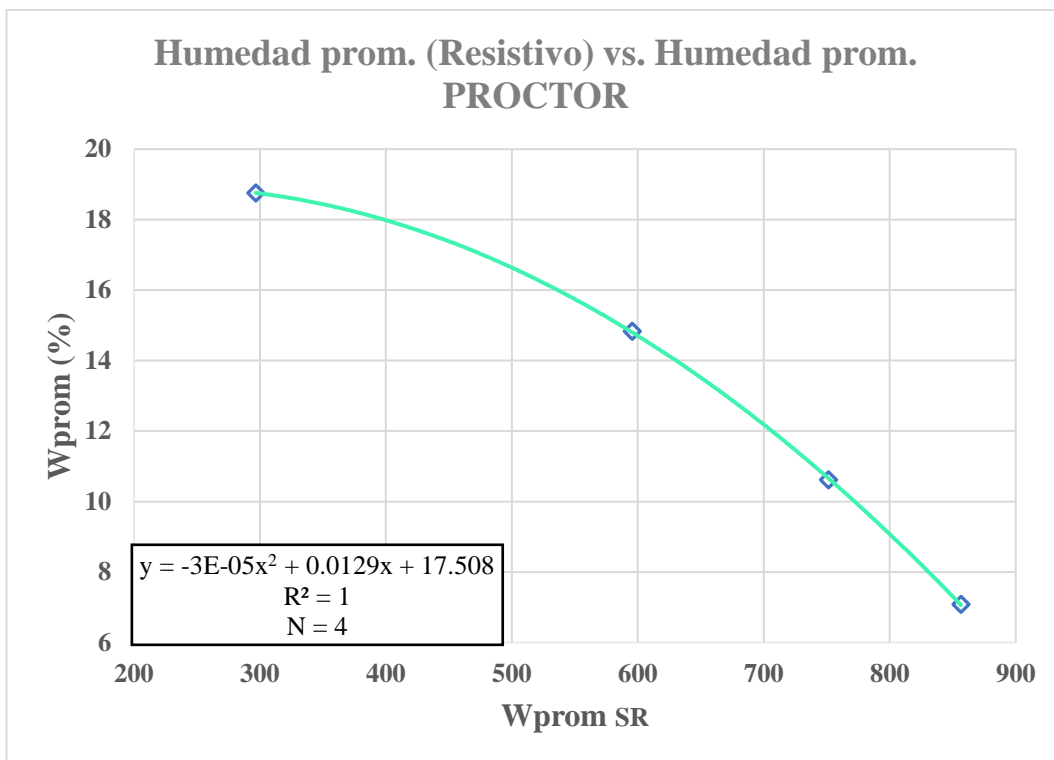


Fig. 78 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = -3 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 + 0.0129(Wprom SR) + 17.508$

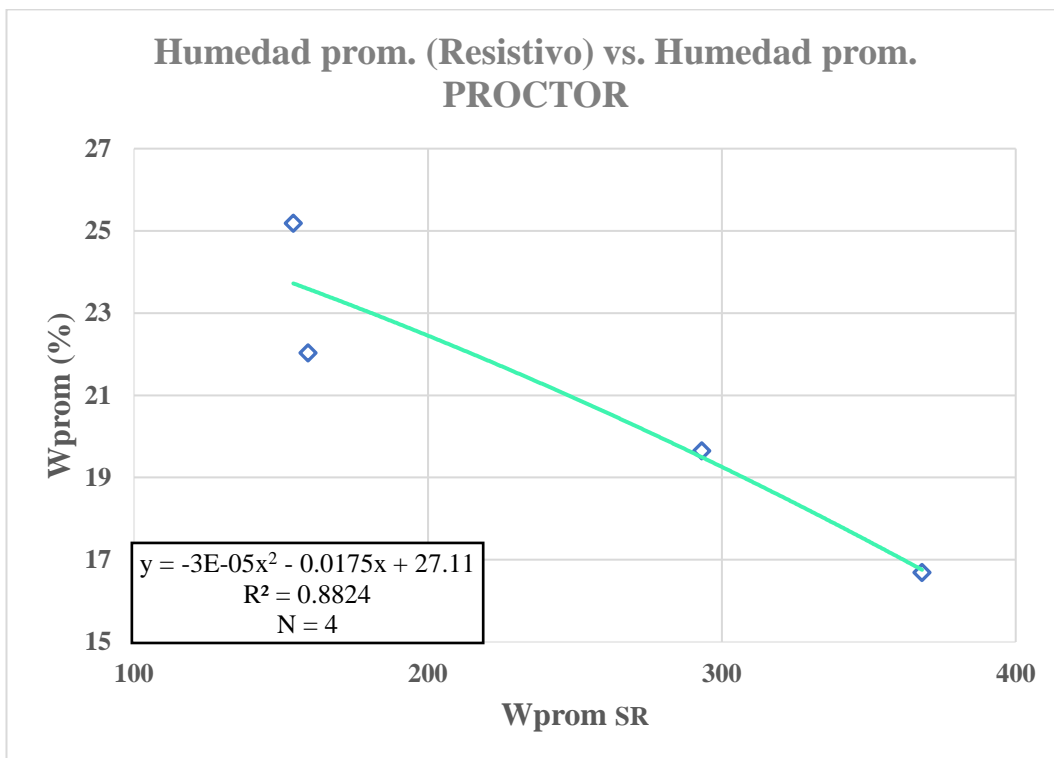


Fig. 79 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = -3 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 - 0.0175(Wprom SR) + 27.11$

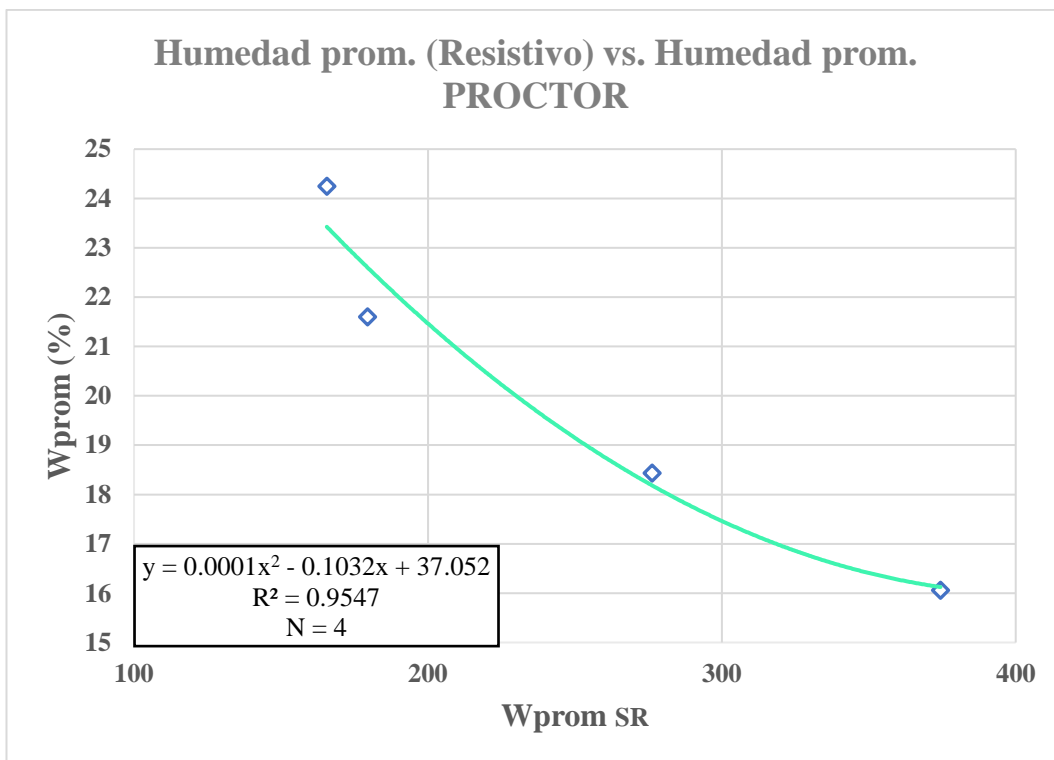


Fig. 80 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 0.0001(Wprom\ SR)^2 - 0.1032(Wprom\ SR) + 37.052$

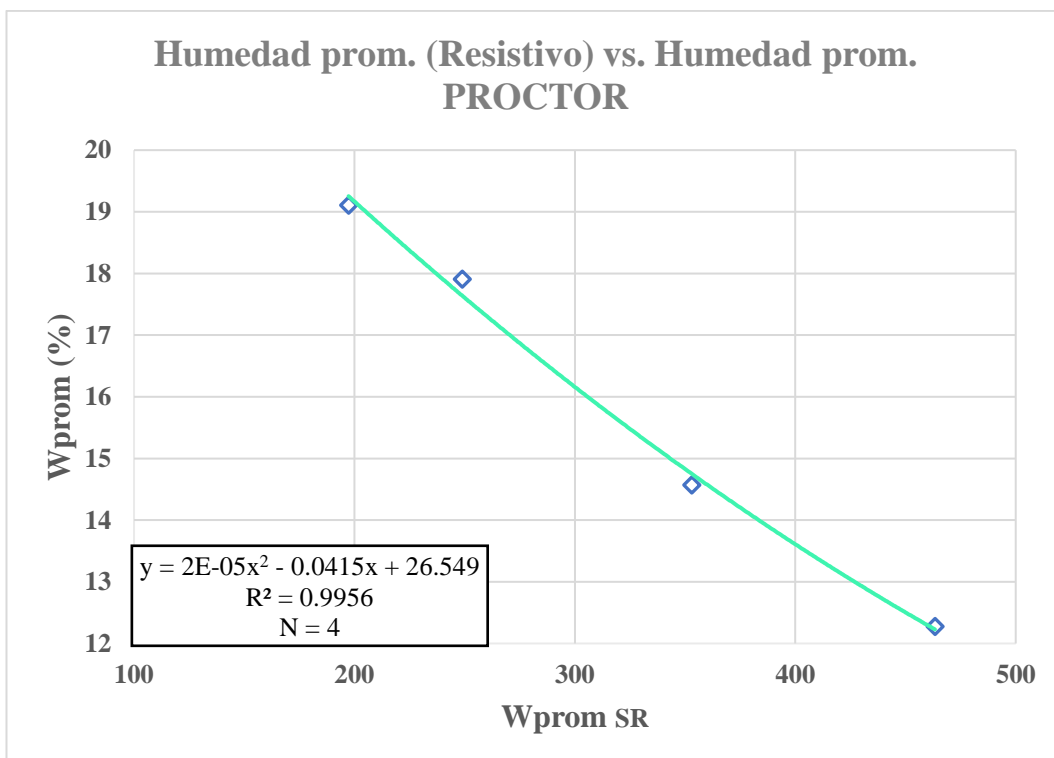


Fig. 81 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 2 * 10^{-5}(Wprom\ SR)^2 - 0.0415(Wprom\ SR) + 26.549$

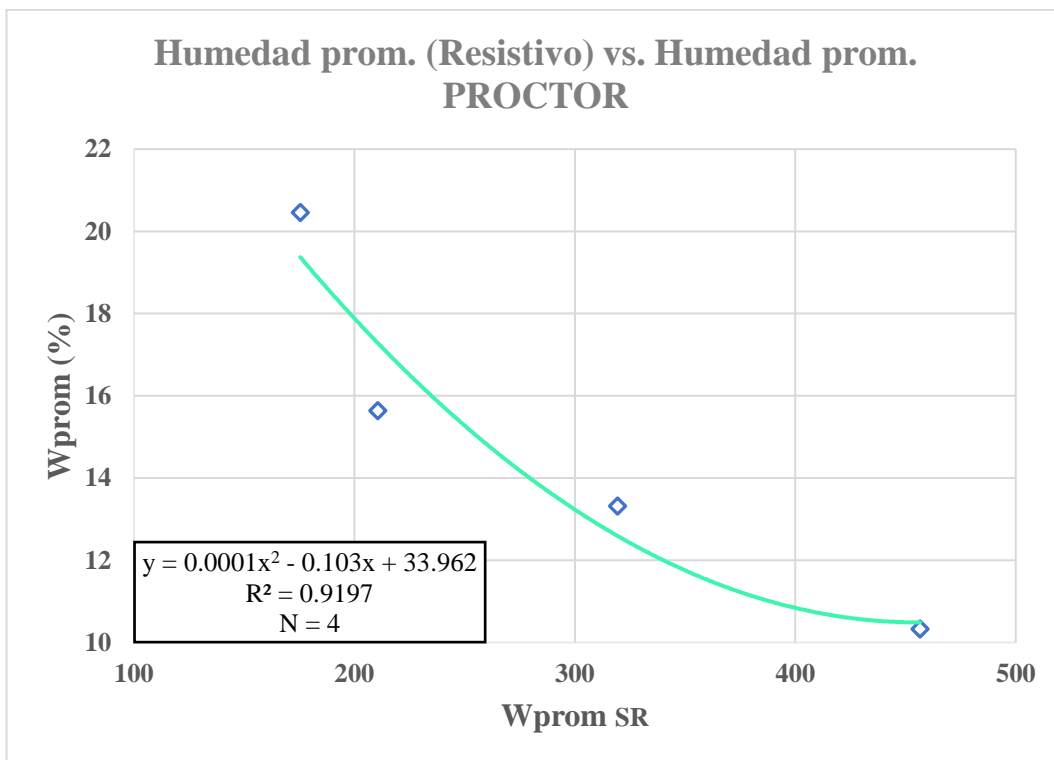


Fig. 82 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 0.0001(Wprom\ SR)^2 - 0.103(Wprom\ SR) + 33.962$

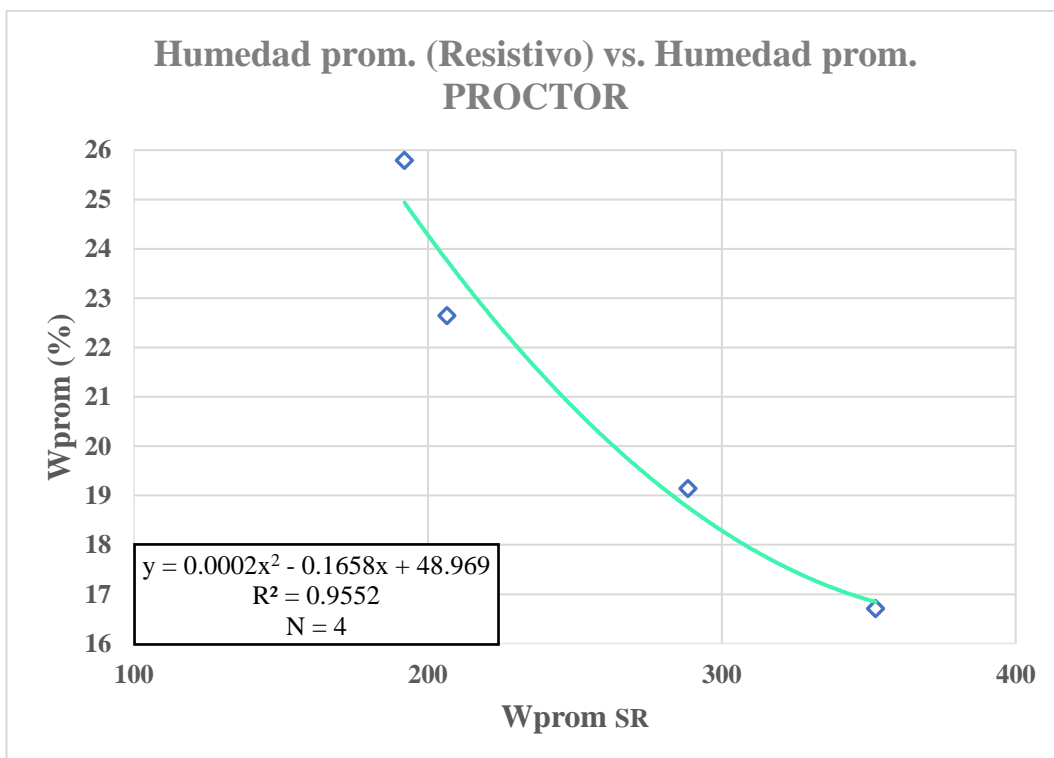


Fig. 83 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = 0.0002(Wprom\ SR)^2 - 0.1658(Wprom\ SR) + 48.969$

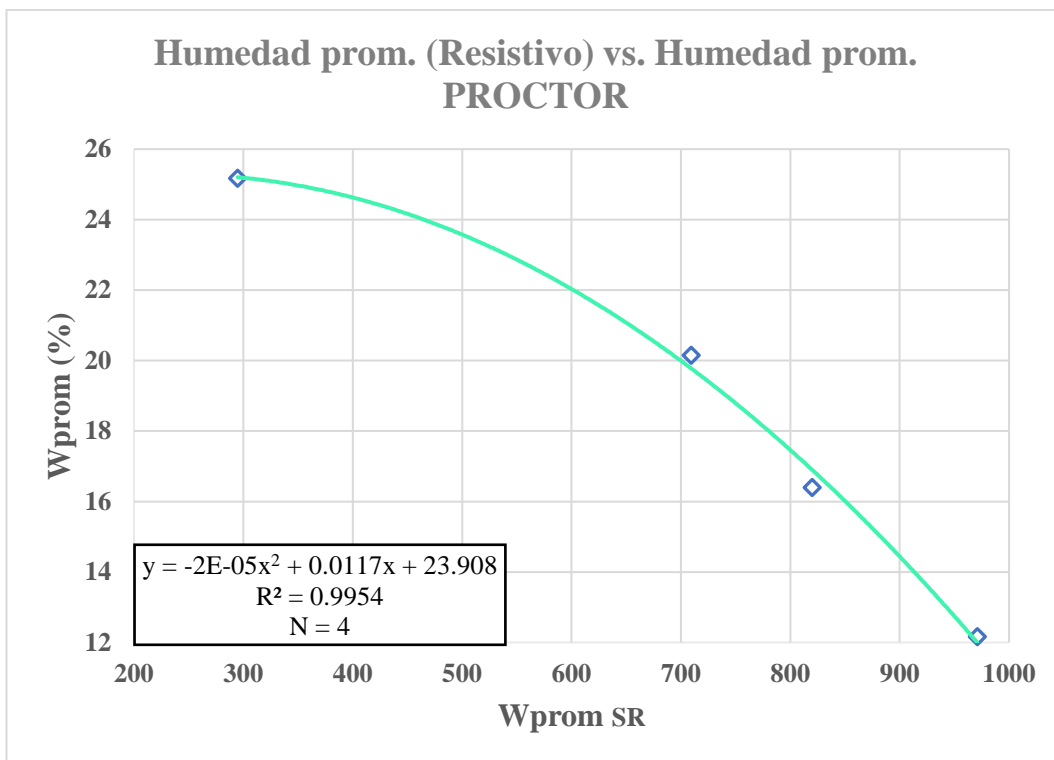


Fig. 84 Correlación Wprom (%) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Wprom = -2 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 + 0.0117(Wprom SR) + 23.908$

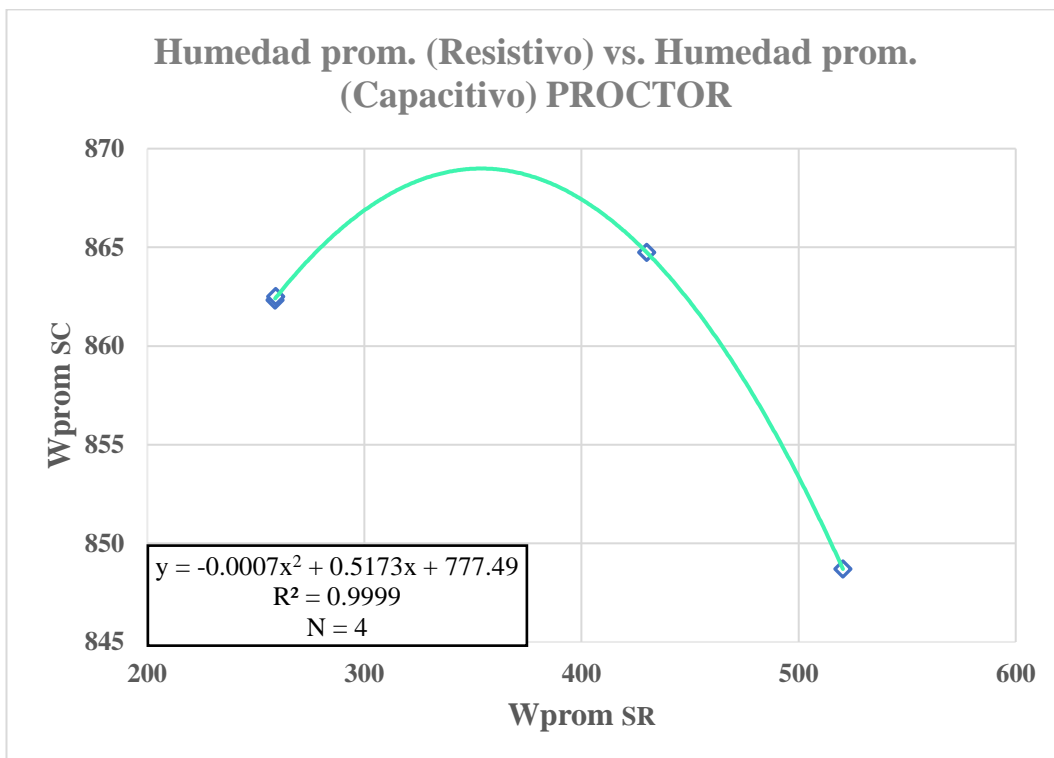


Fig. 85 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = -0.0007(Wprom SR)^2 + 0.5173(Wprom SR) + 777.49$

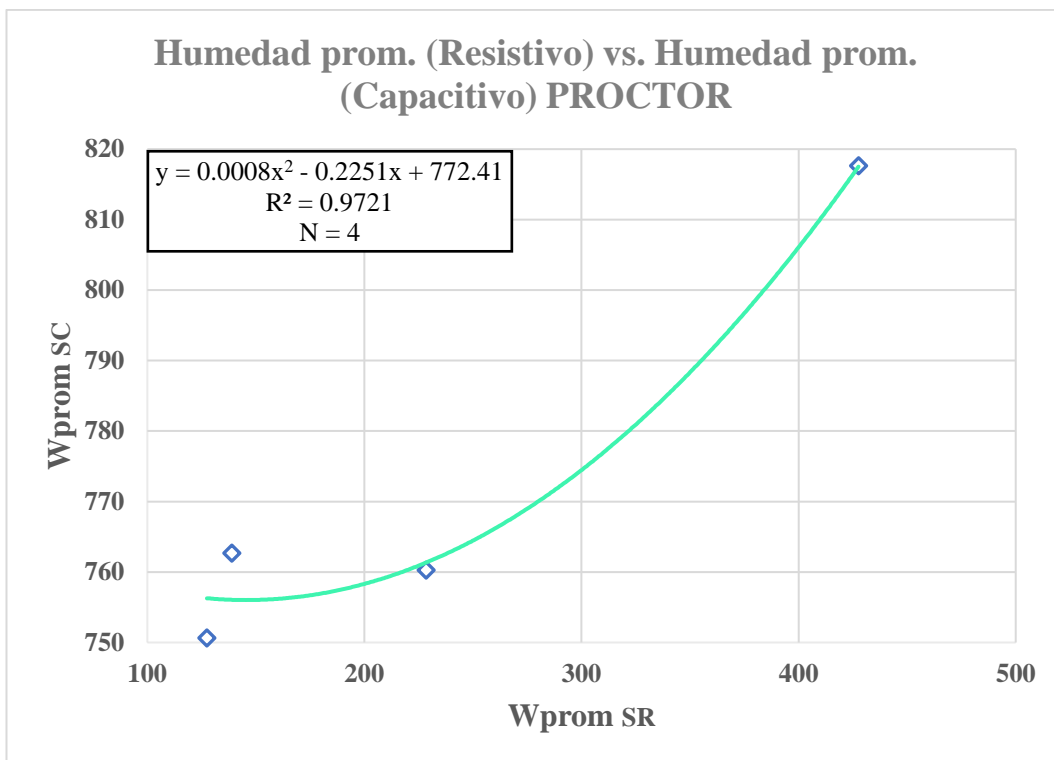


Fig. 86 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0008(Wprom SR)^2 - 0.2251(Wprom SR) + 772.41$

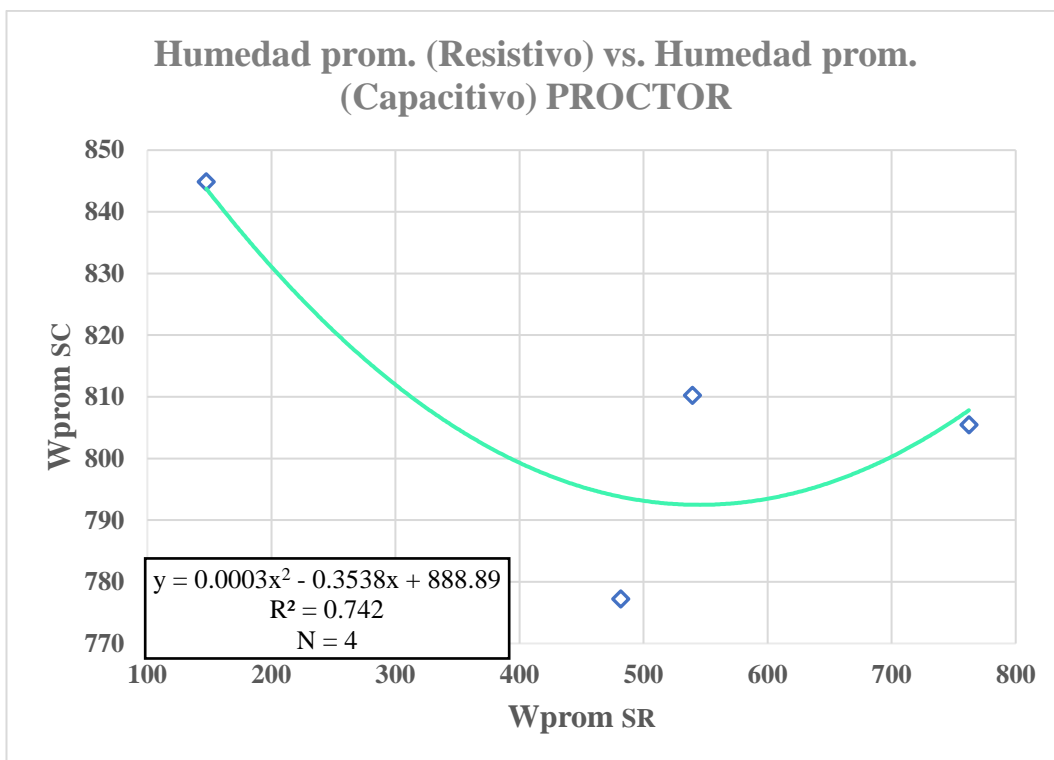


Fig. 87 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0003(Wprom SR)^2 - 0.3538(Wprom SR) + 888.89$

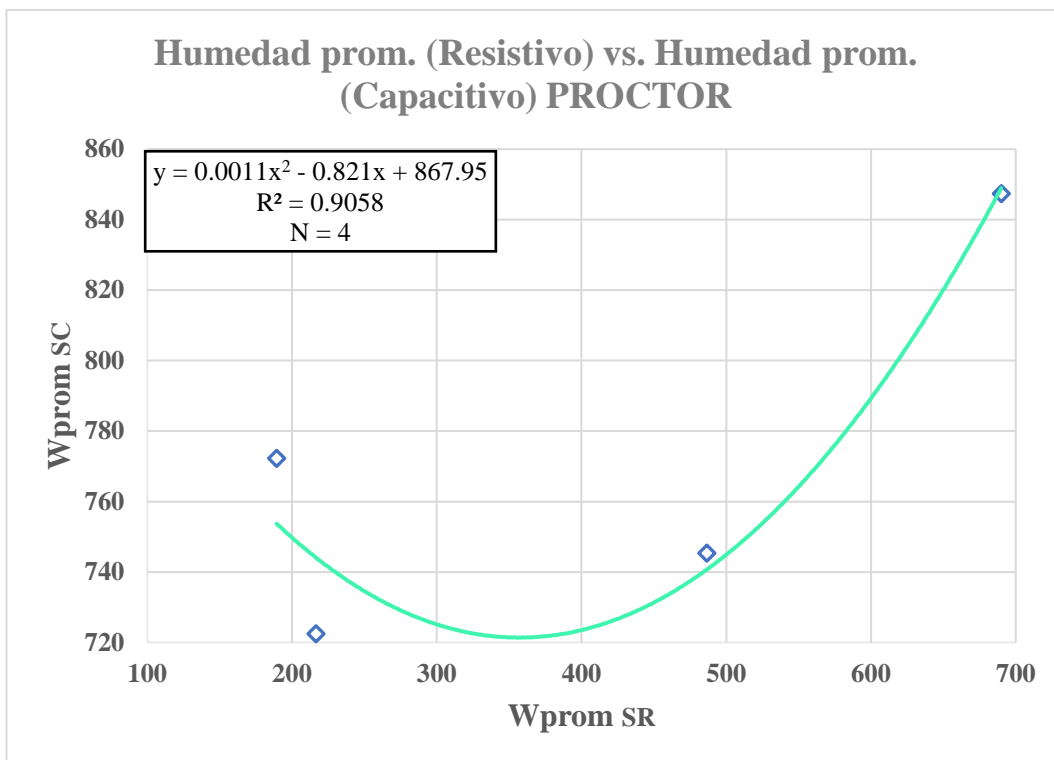


Fig. 88 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0011(Wprom SR)^2 - 0.821(Wprom SR) + 867.95$

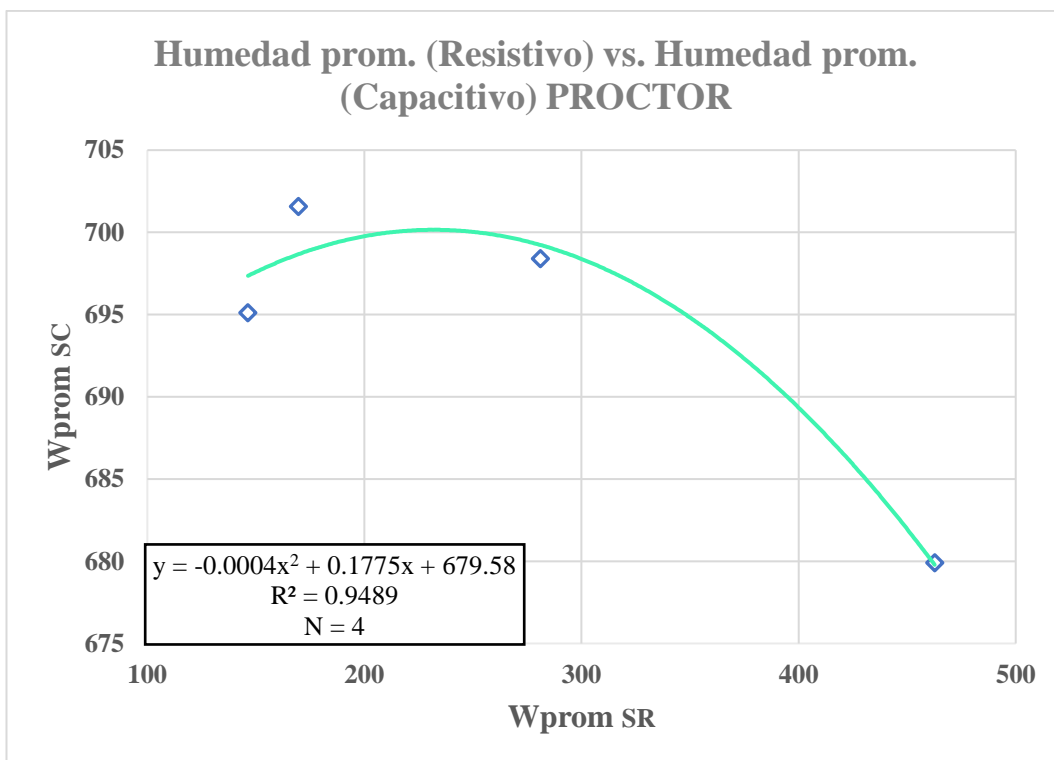


Fig. 89 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = -0.0004(Wprom SR)^2 + 0.1775(Wprom SR) + 679.58$

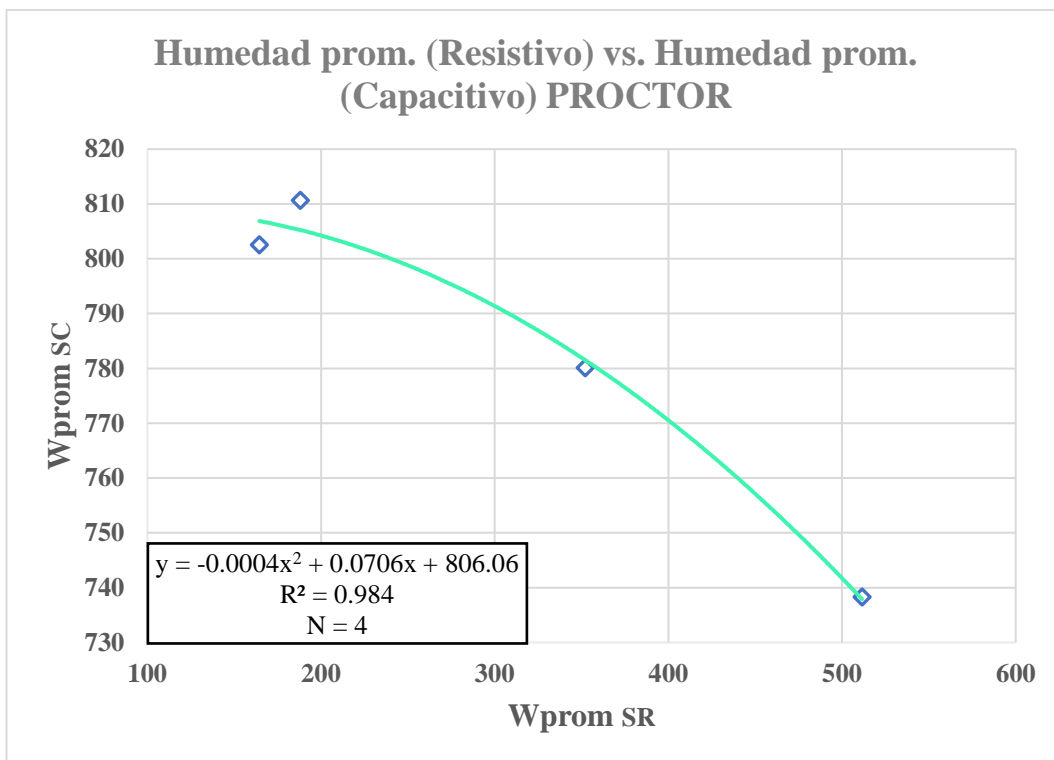


Fig. 90 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = -0.0004(Wprom SR)^2 + 0.0706(Wprom SR) + 806.06$

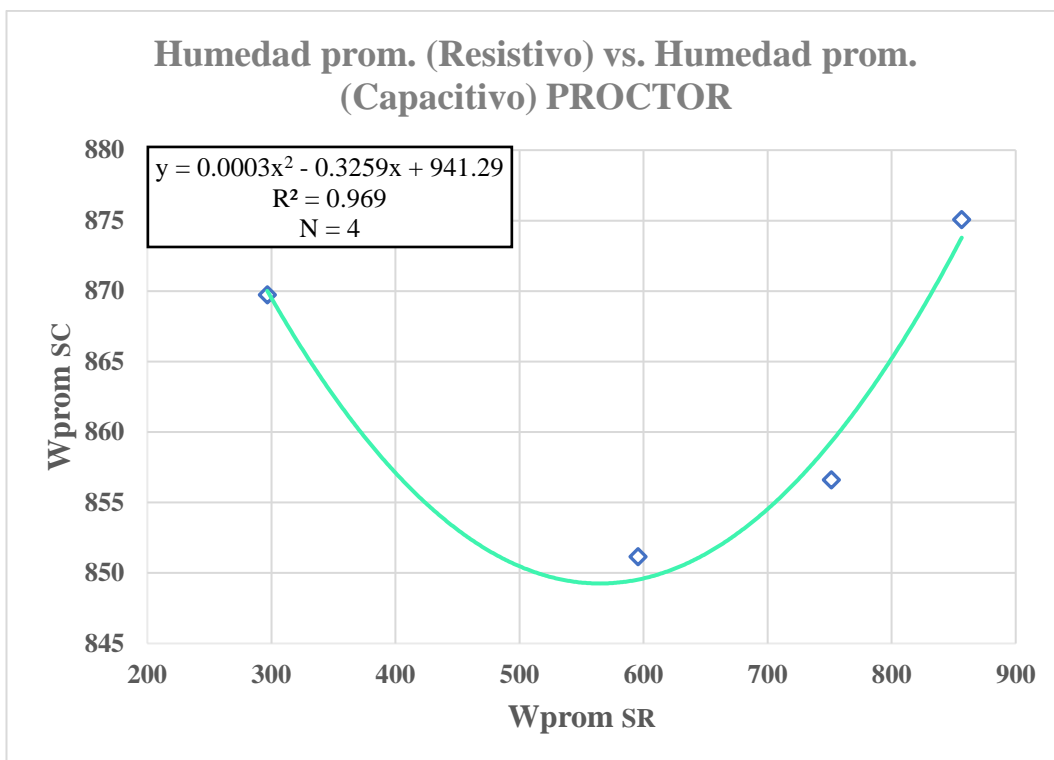


Fig. 91 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0003(Wprom SR)^2 - 0.3259(Wprom SR) + 941.29$

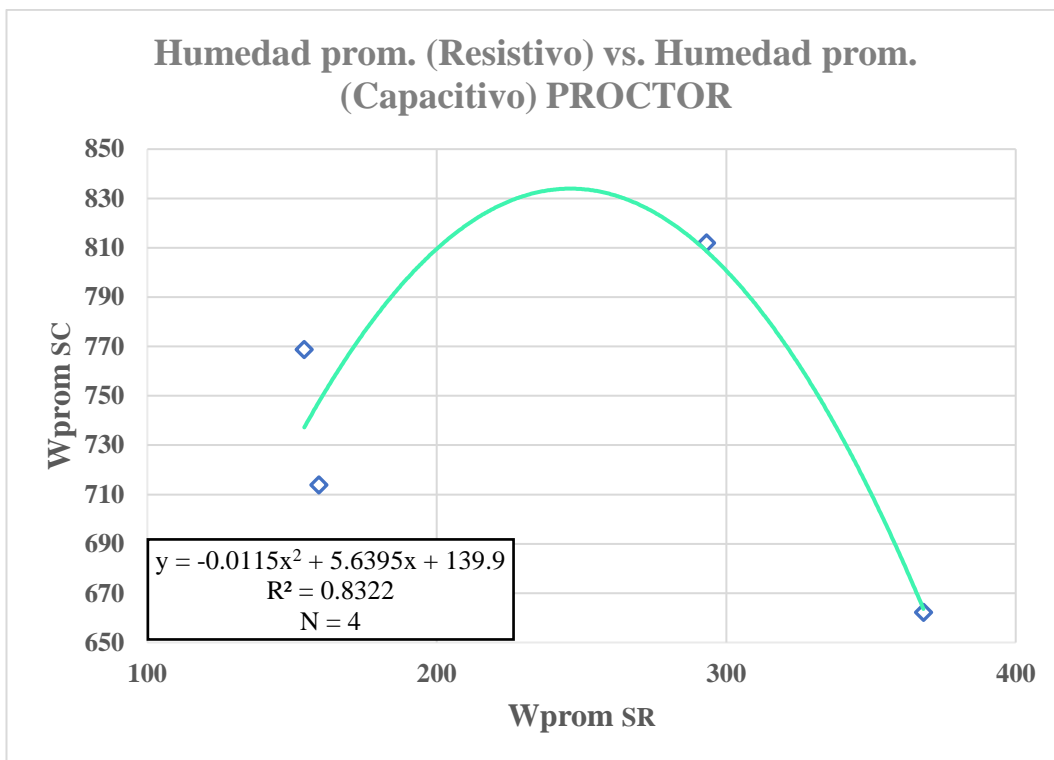


Fig. 92 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = -0.0115(Wprom SR)^2 + 5.6395(Wprom SR) + 139.90$

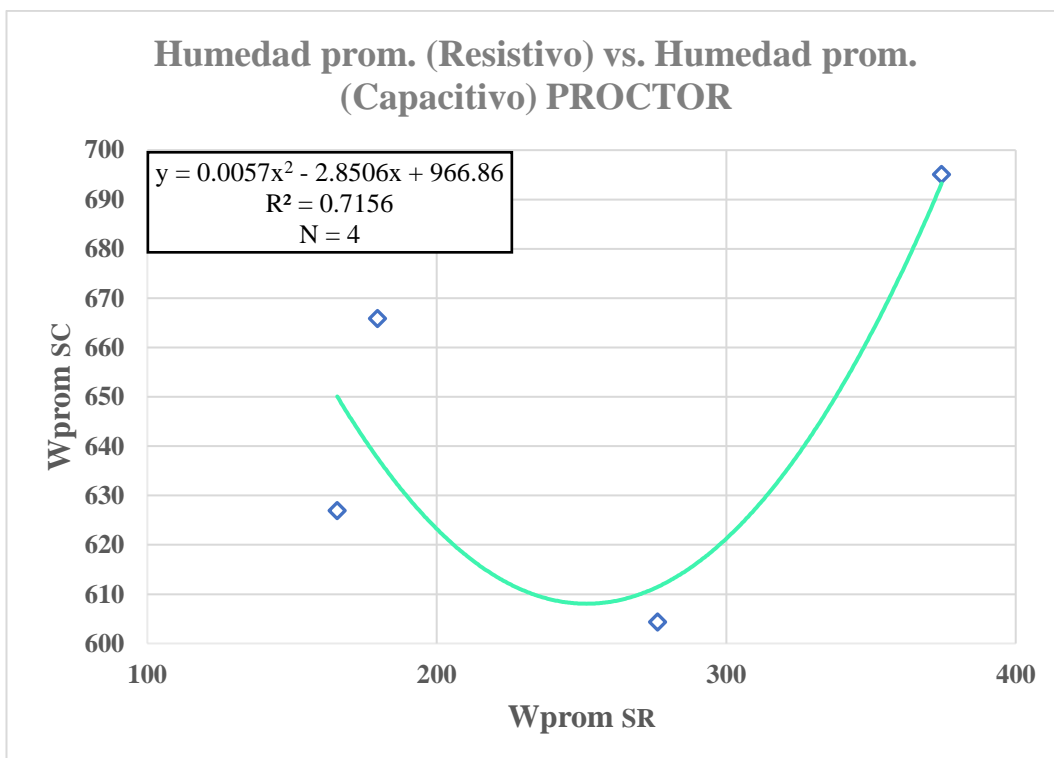


Fig. 93 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0057(Wprom SR)^2 - 2.8506(Wprom SR) + 966.86$

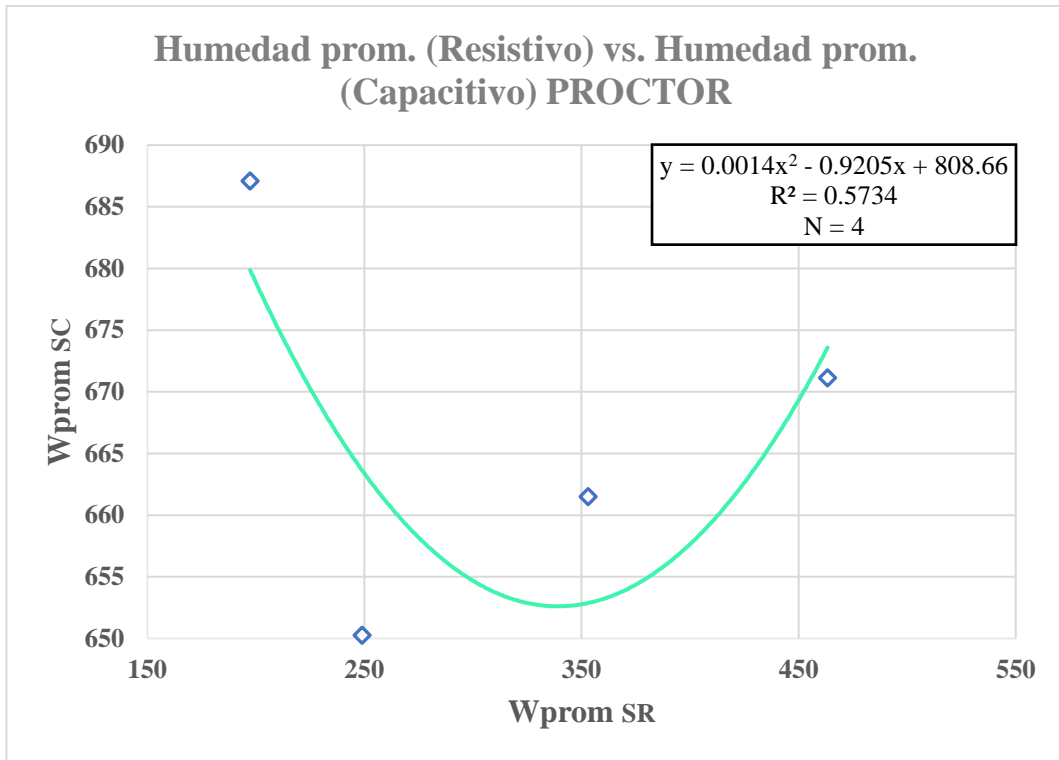


Fig. 94 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0014(Wprom SR)^2 - 0.9205(Wprom SR) + 808.66$

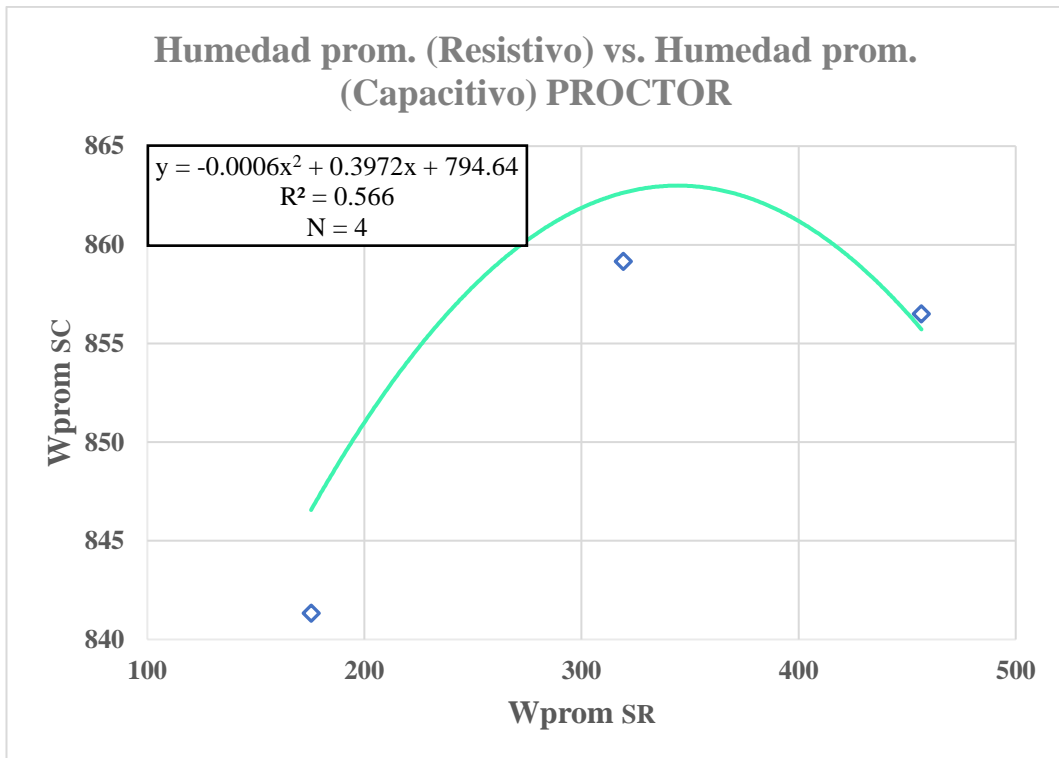


Fig. 95 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = -0.0006(Wprom SR)^2 + 0.3972(Wprom SR) + 794.64$

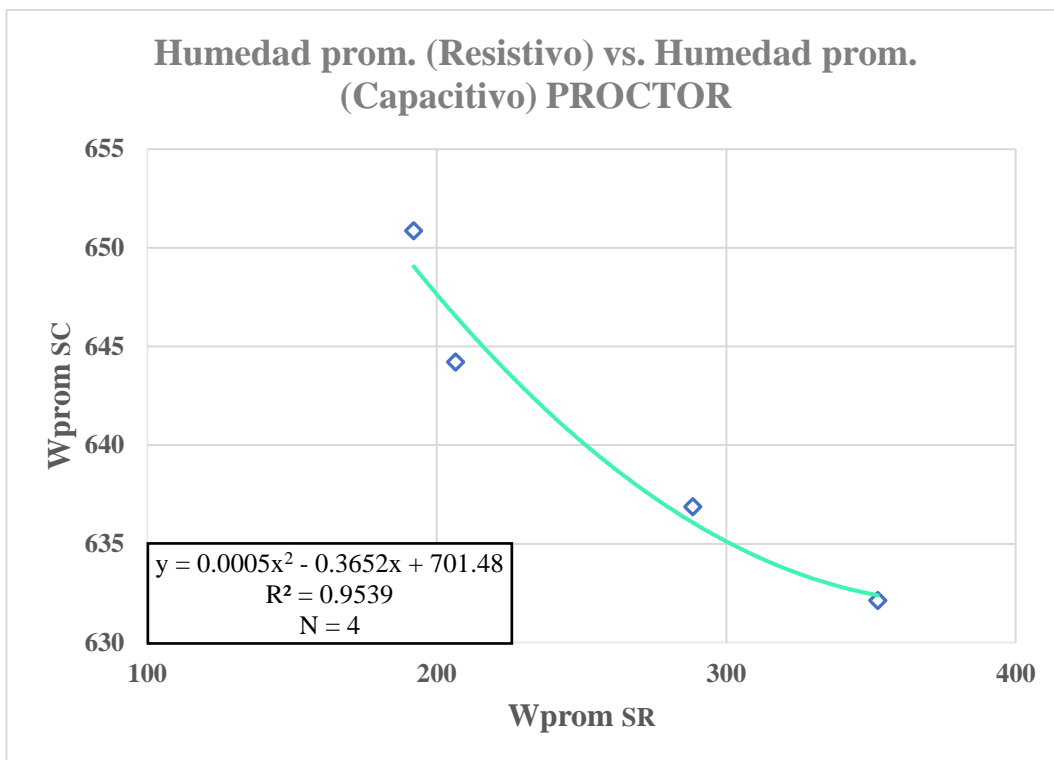


Fig. 96 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0005(Wprom SR)^2 - 0.3652(Wprom SR) + 701.48$

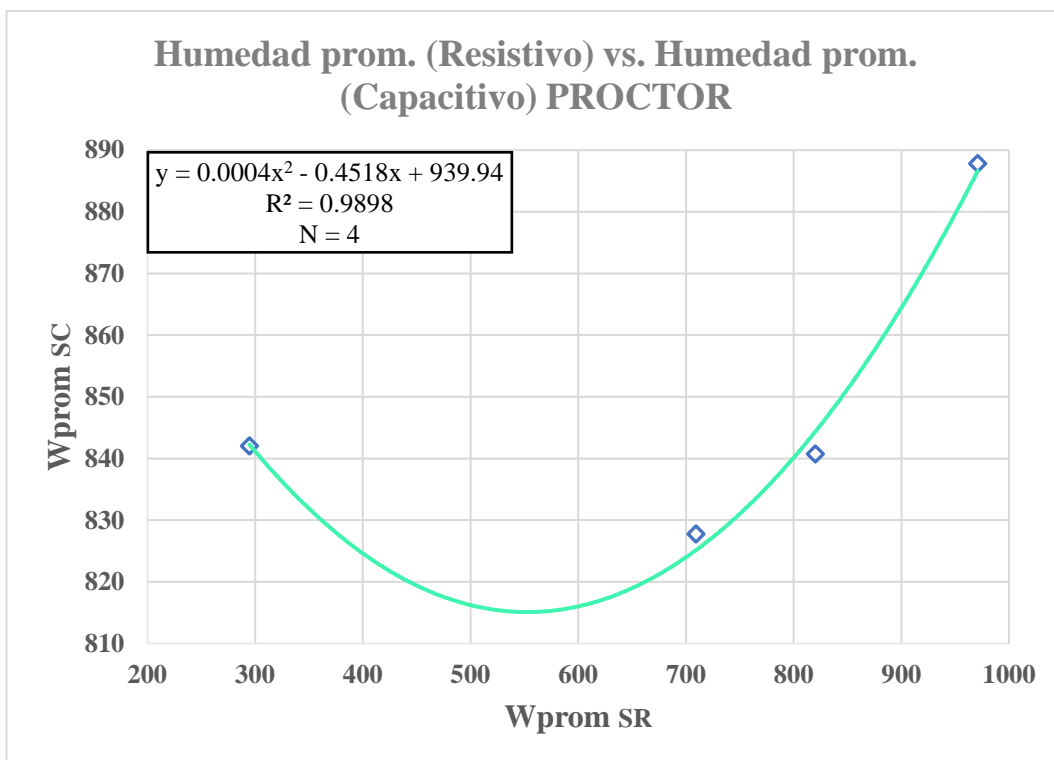


Fig. 97 Correlación Wprom SC vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $WpromSC = 0.0004(Wprom SR)^2 - 0.4518(Wprom SR) + 939.94$

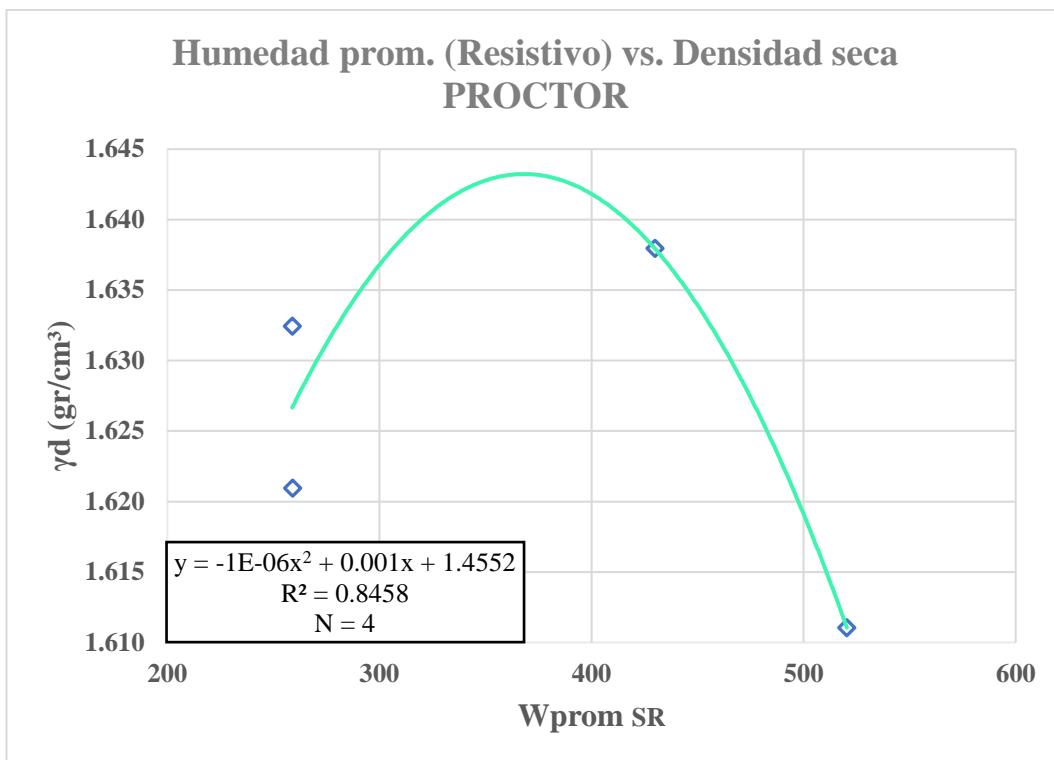


Fig. 98 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -1 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.001(Wprom SR) + 1.4552$

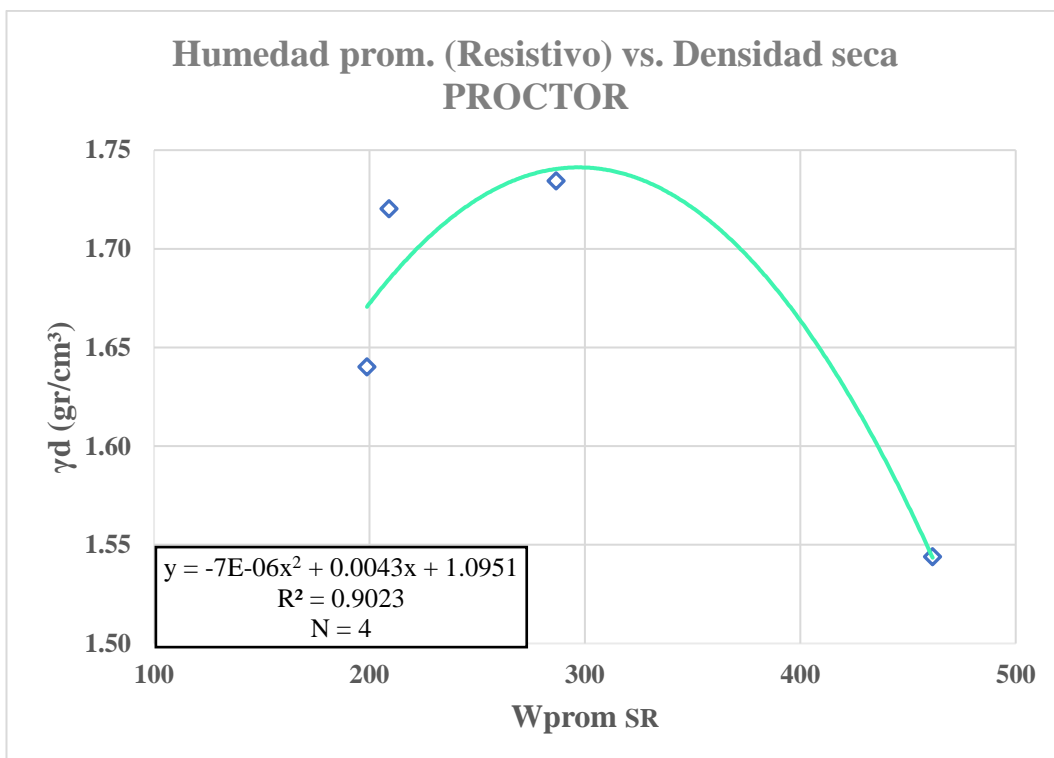


Fig. 99 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -7 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0043(Wprom SR) + 1.0951$

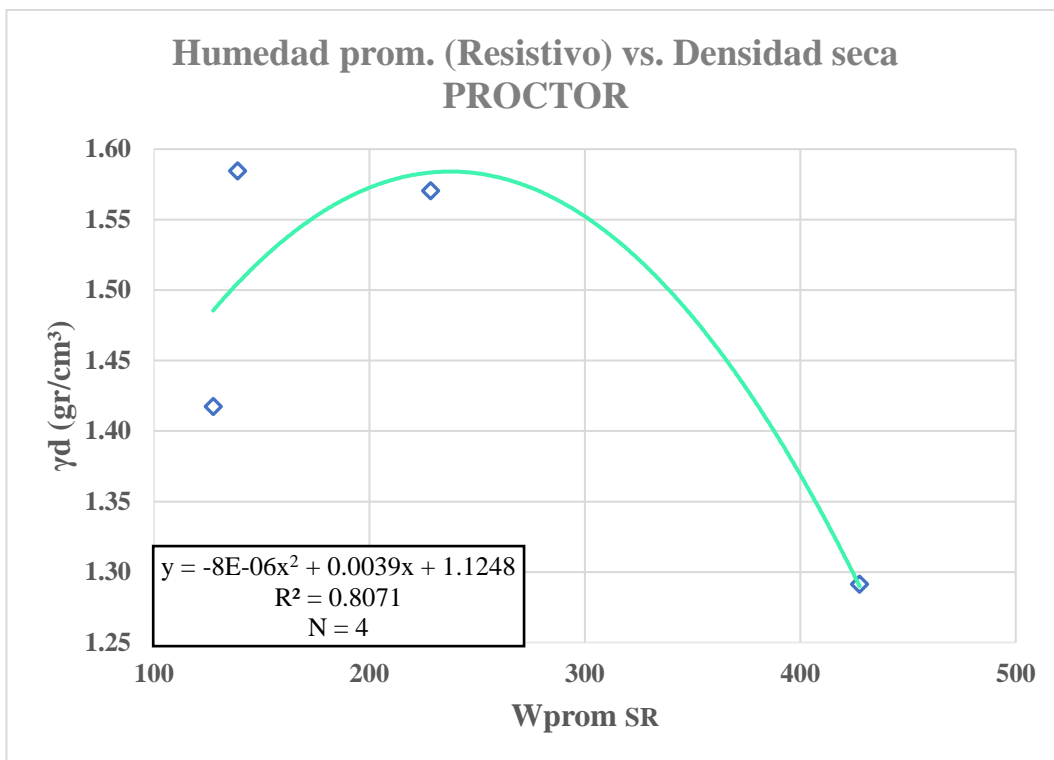


Fig. 100 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -8 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0039(W_{prom\ SR}) + 1.1248$

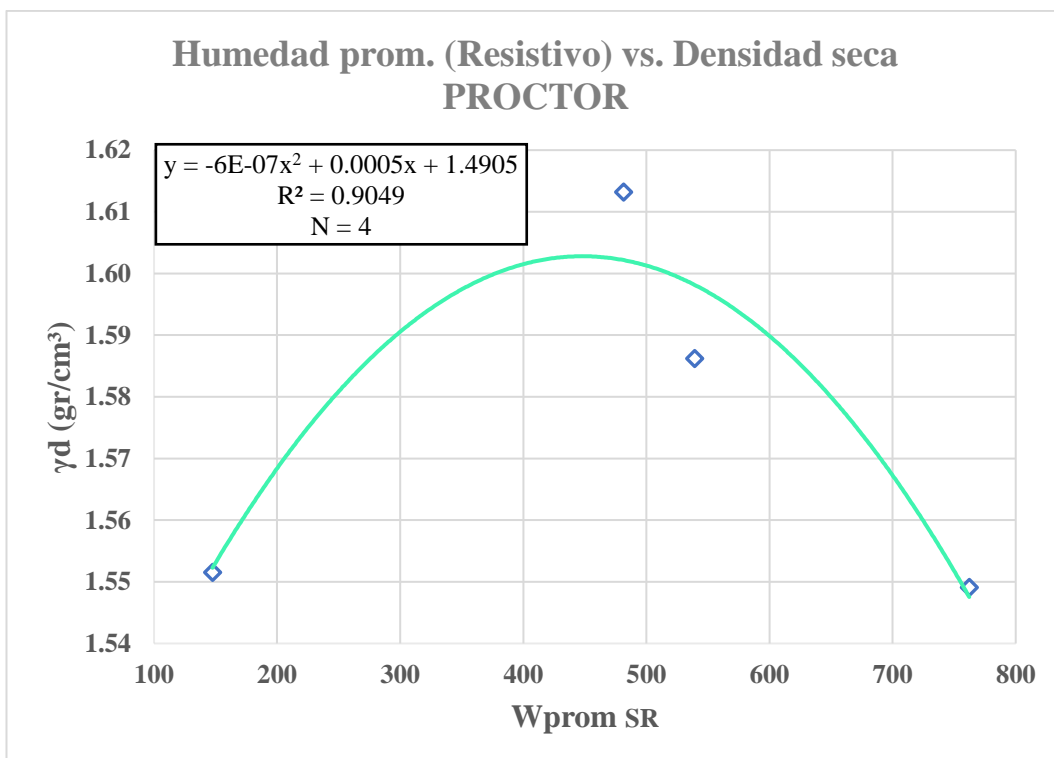


Fig. 101 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -8 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0039(W_{prom\ SR}) + 1.1248$

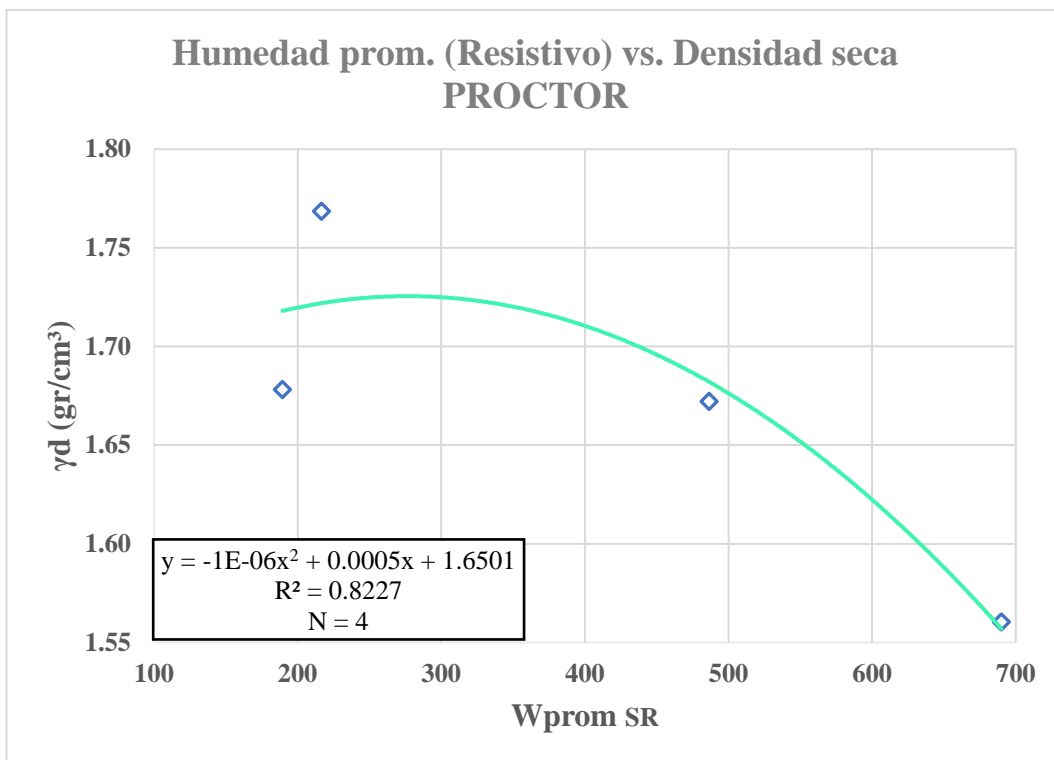


Fig. 102 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -1 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0005(W_{prom\ SR}) + 1.6501$

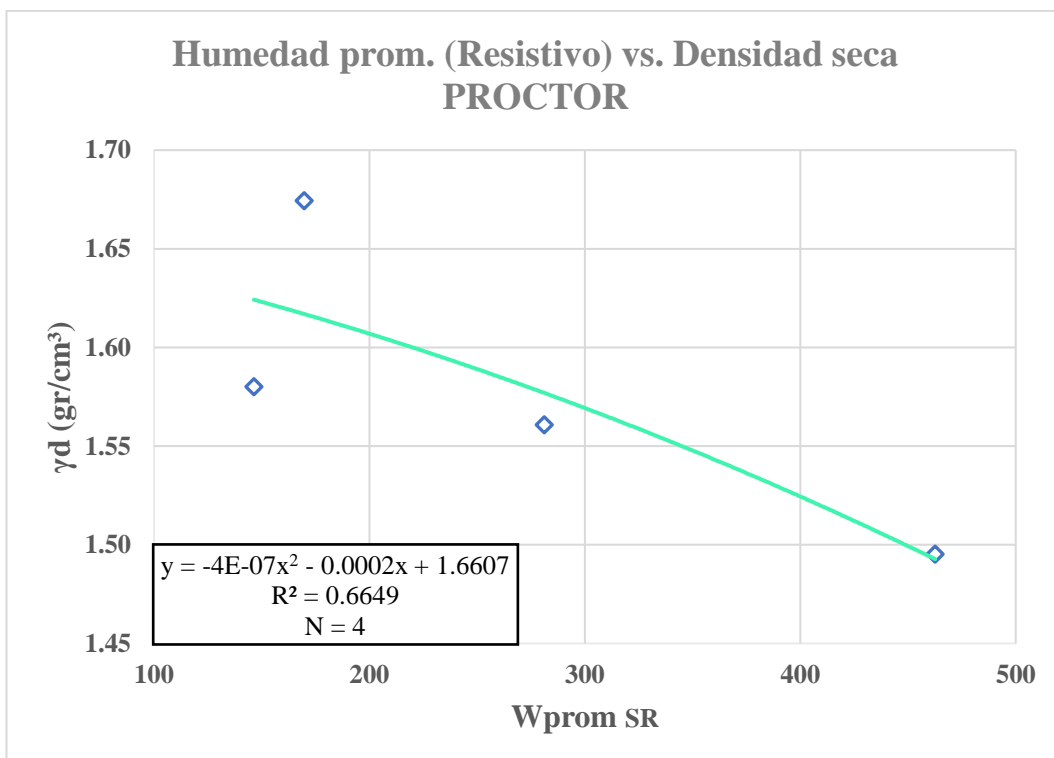


Fig. 103 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -4 * 10^{-7}(W_{prom\ SR})^2 - 0.0002(W_{prom\ SR}) + 1.6607$

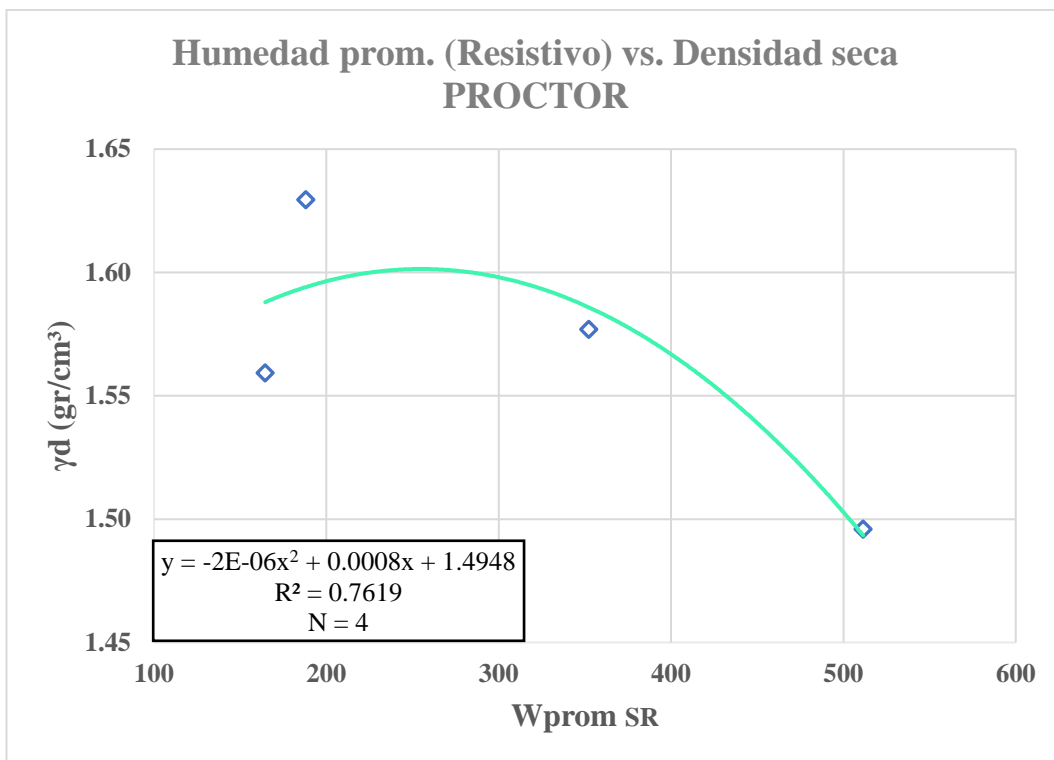


Fig. 104 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -2 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0008(W_{prom\ SR}) + 1.4948$

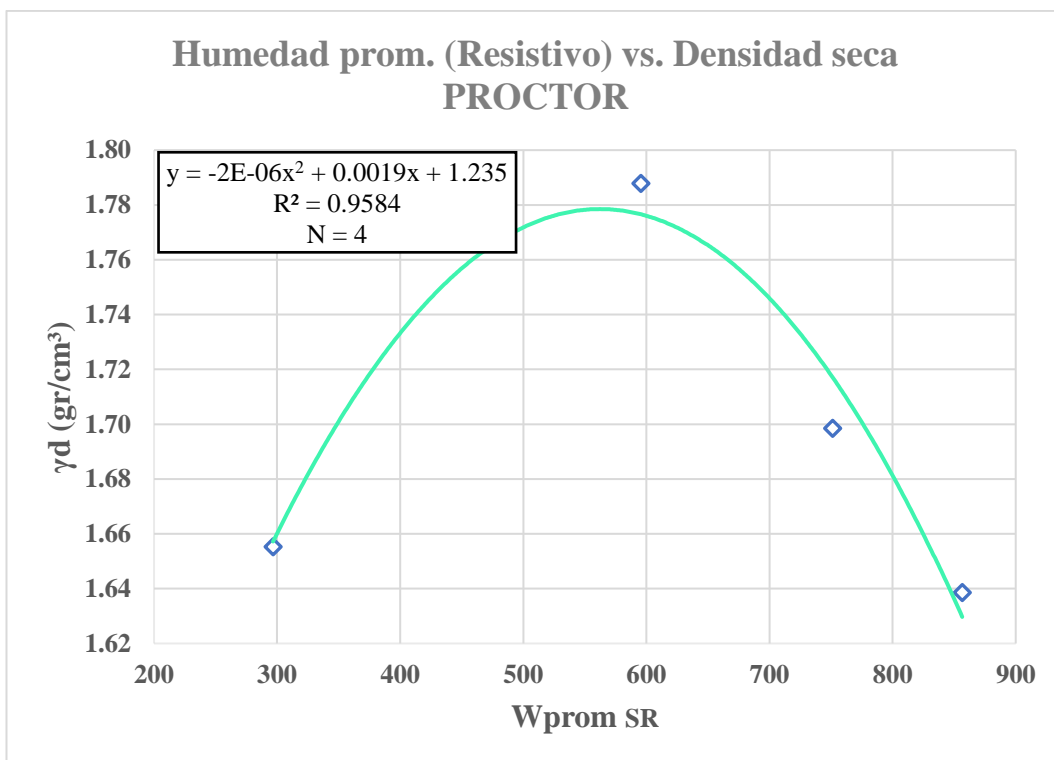


Fig. 105 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -2 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0008(W_{prom\ SR}) + 1.4948$

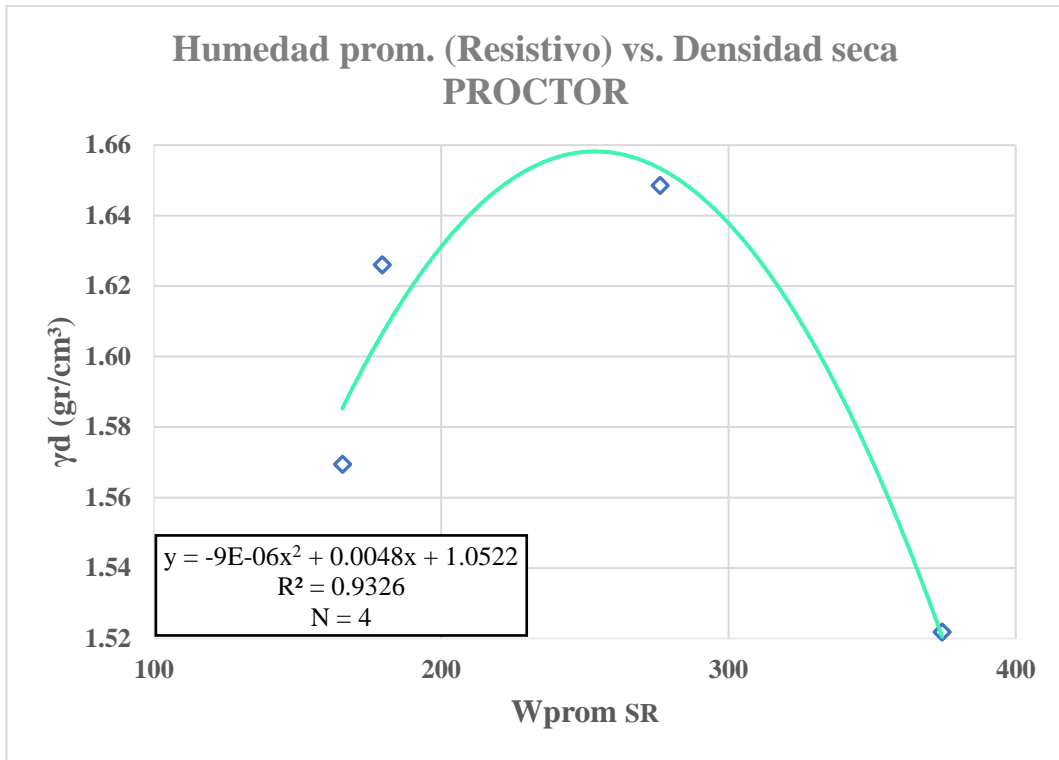


Fig. 106 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -9 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0048(W_{prom\ SR}) + 1.0522$

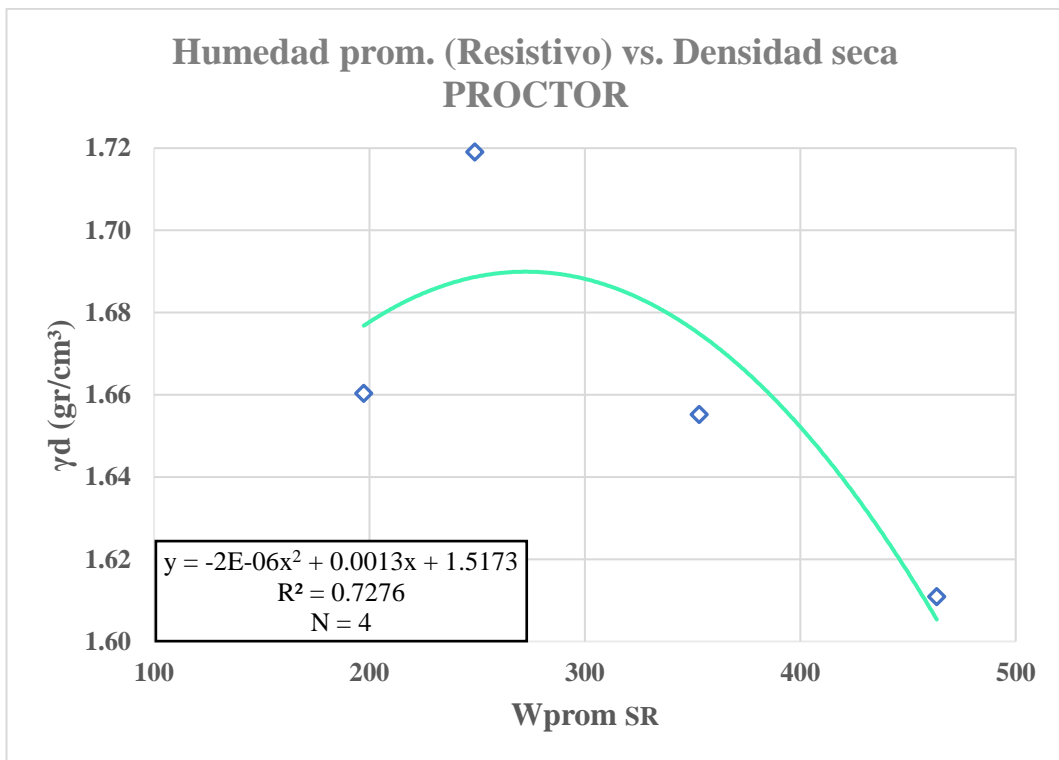


Fig. 107 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -2 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0013(W_{prom\ SR}) + 1.5173$

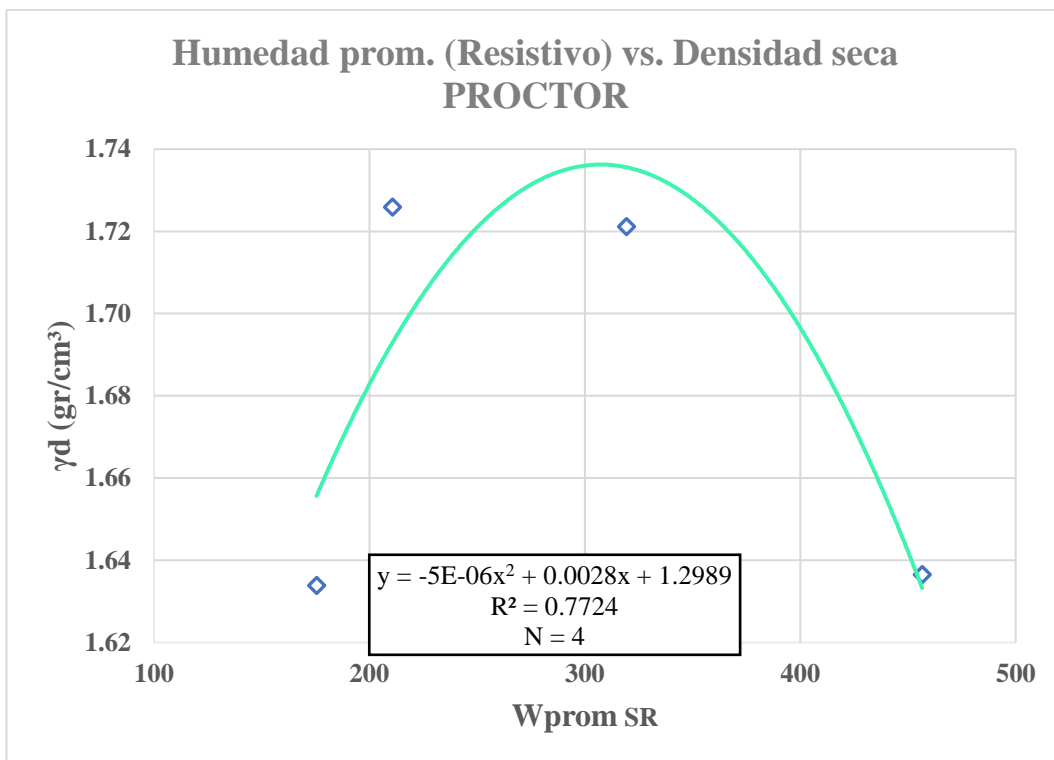


Fig. 108 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -5 * 10^{-6}(Wprom SR)^2 + 0.0028(Wprom SR) + 1.2989$

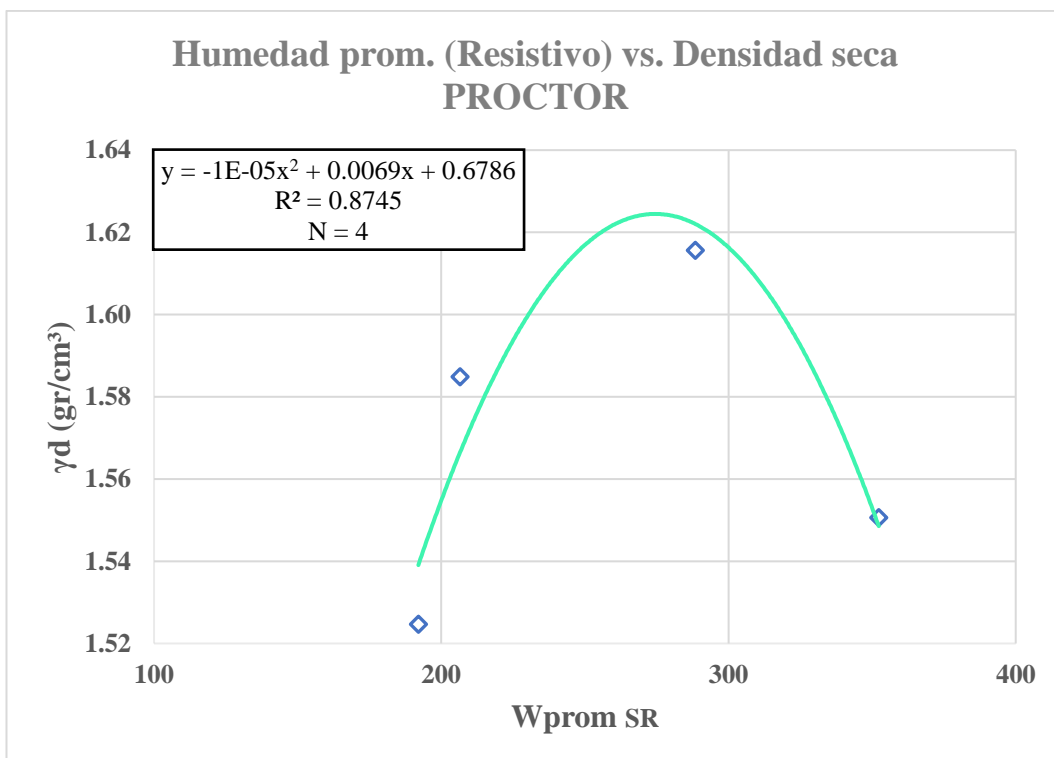


Fig. 109 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -1 * 10^{-5}(Wprom SR)^2 + 0.0069(Wprom SR) + 0.6786$

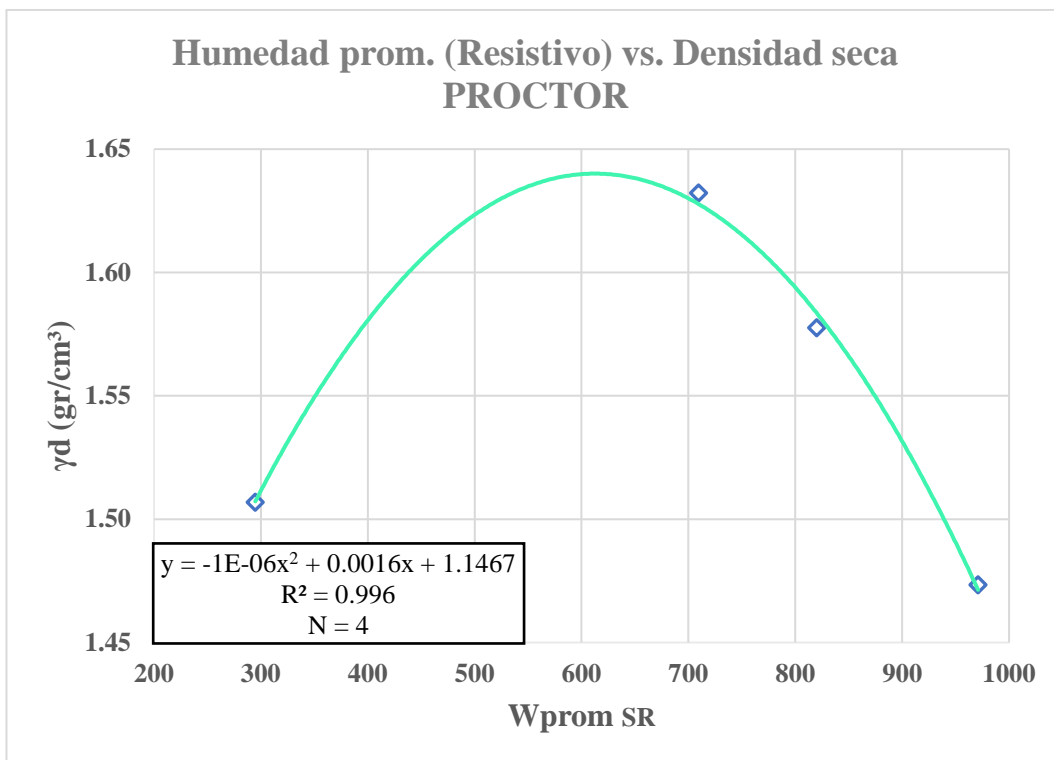


Fig. 110 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -1 * 10^{-6}(W_{prom\ SR})^2 + 0.0016(W_{prom\ SR}) + 1.1467$

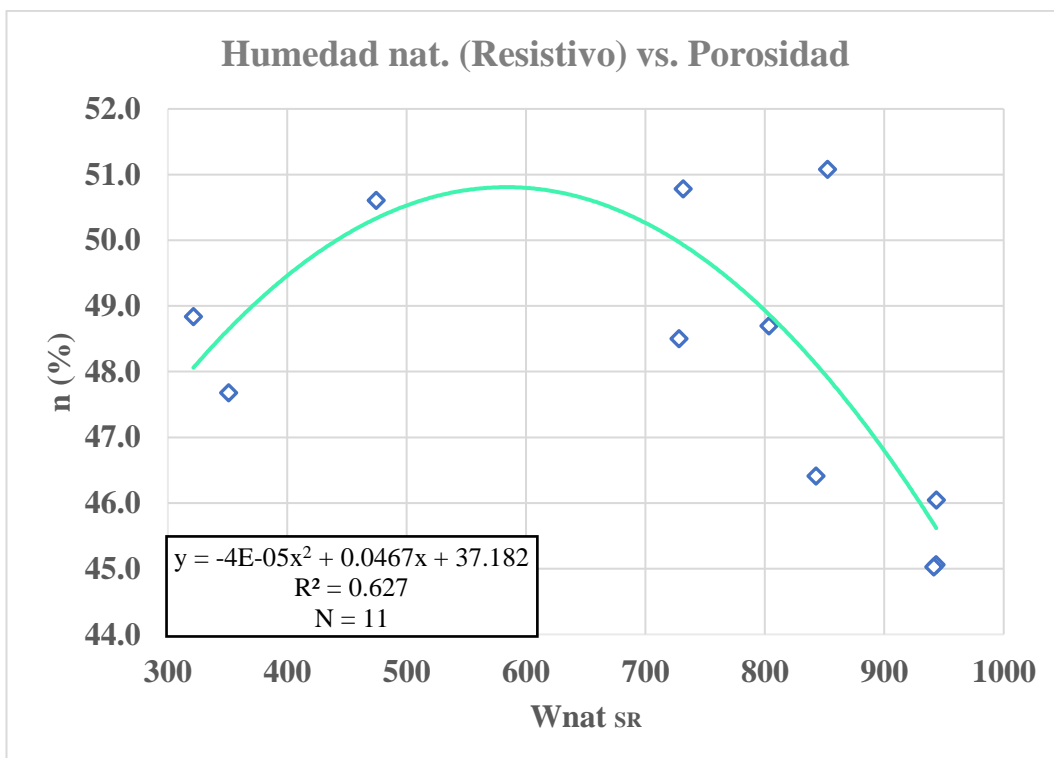


Fig. 111 Correlación n (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $n = -4 * 10^{-5}(W_{nat\ SR})^2 + 0.0467(W_{nat\ SR}) + 37.182$

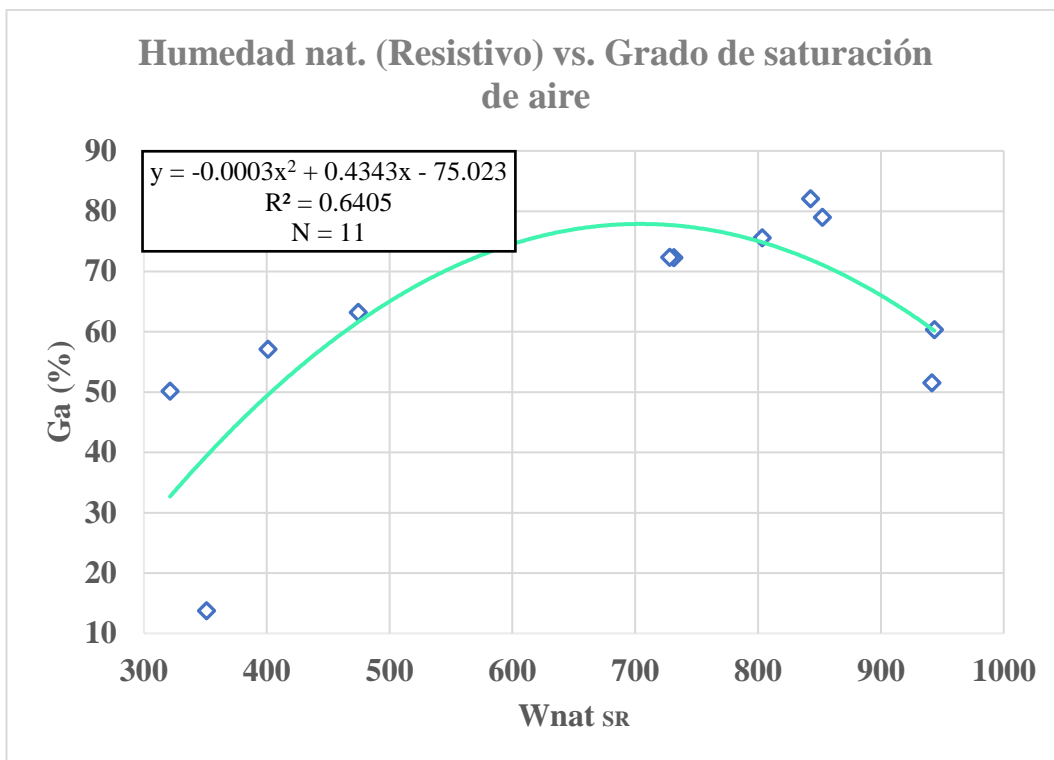


Fig. 112 Correlación Ga (%) vs. Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $Ga = -0.0003(Wnat SR)^2 + 0.4343(Wnat SR) - 75.023$

Correlaciones múltiples

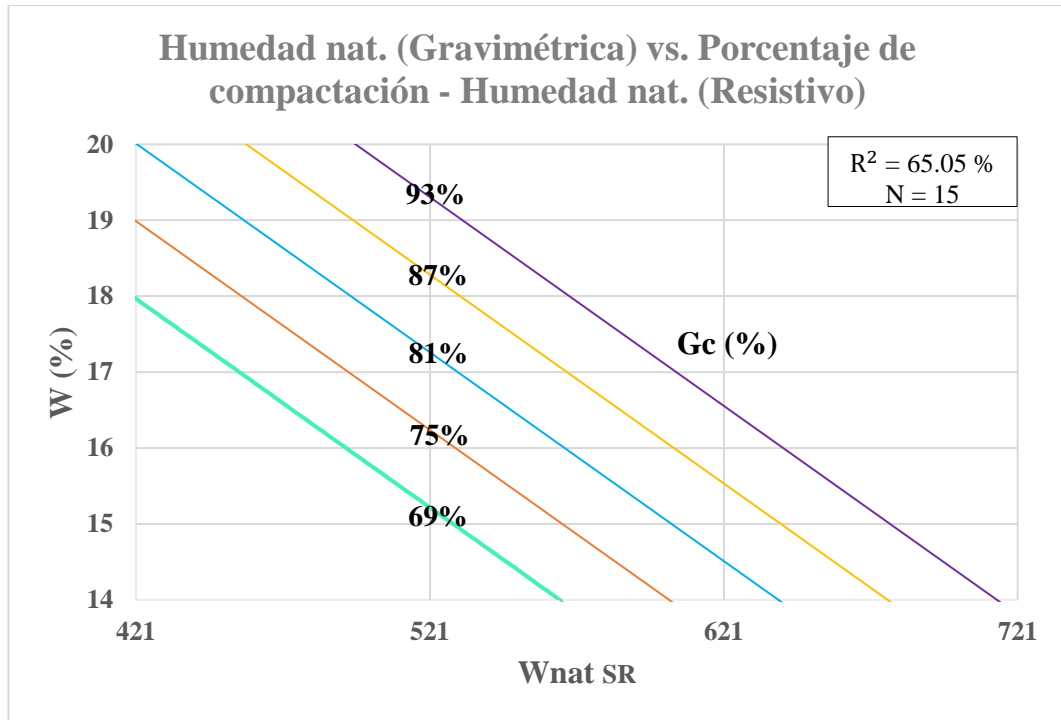


Fig. 113 Correlación W (%) vs. Gc (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 17.79 - 0.0275(Wnat\ SR) + 0.170(Gc)$

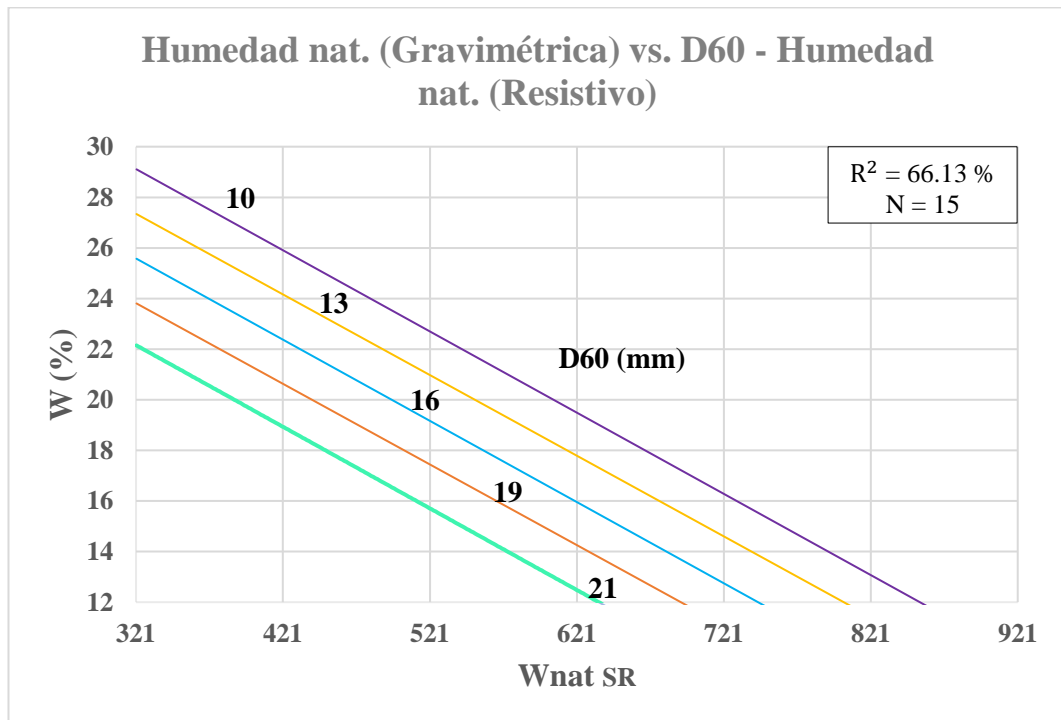


Fig. 114 Correlación W (%) vs. D60 (mm) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = 31.26 - 0.0321(Wnat\ SR) + 27.18(D60)$

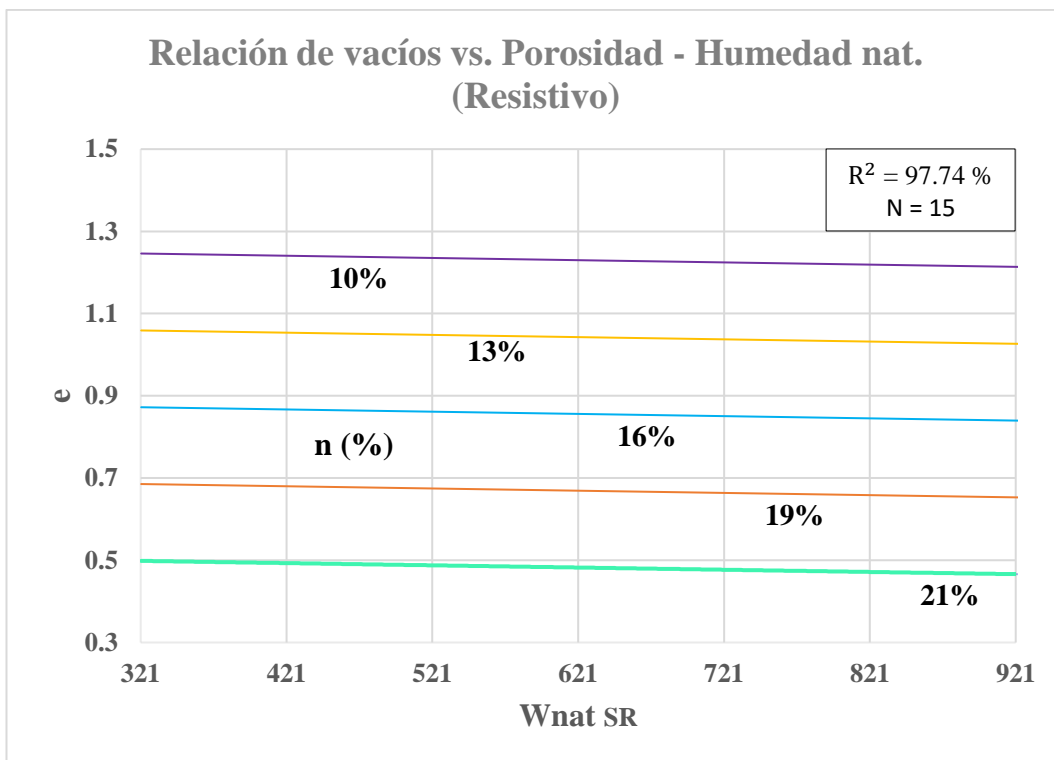


Fig. 115 Correlación e vs. n (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $W = -0.62 - 0.0001(Wnat\ SR) + 0.033(n)$

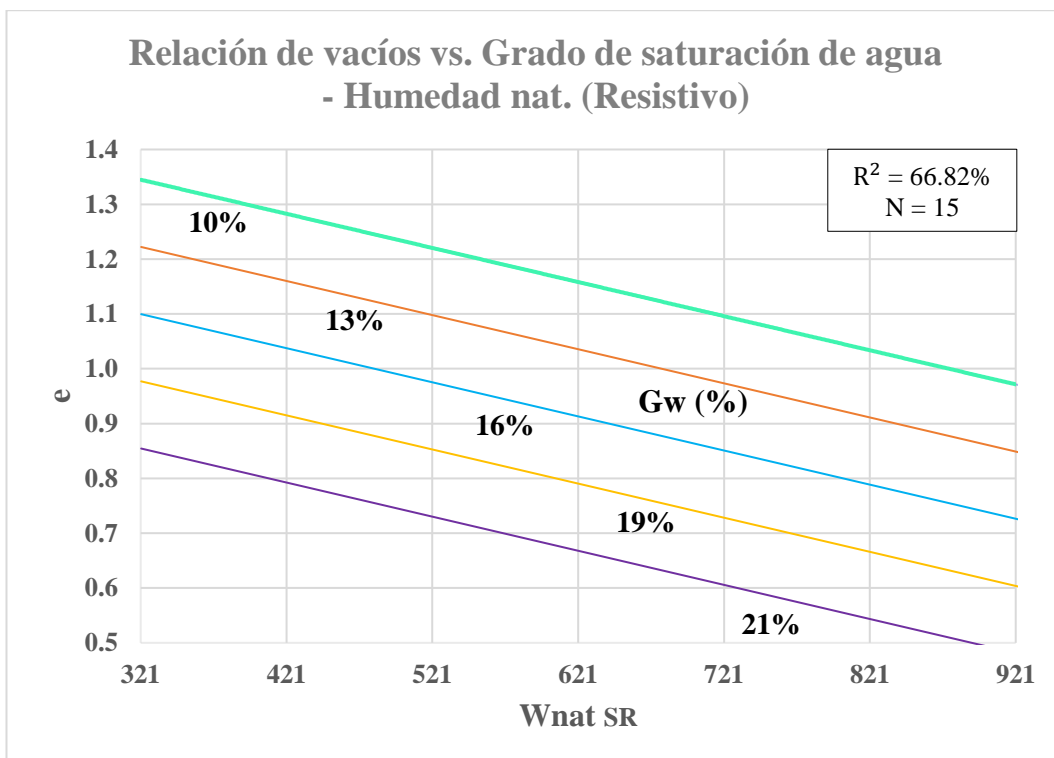


Fig. 116 Correlación e vs. Gw (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $e = 1.61 - 0.0006(Wnat\ SR) - 0.006(Gw)$

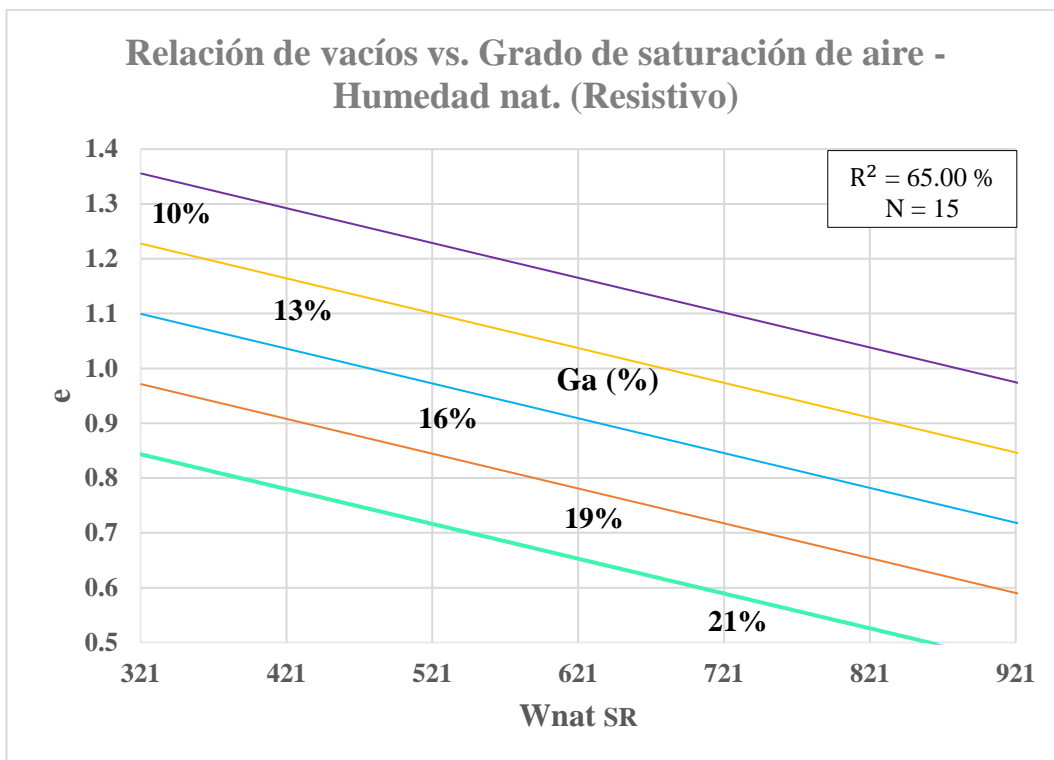


Fig. 117 Correlación e vs. Ga (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $e = 0.98 - 0.0006(Wnat SR) + 0.006(Ga)$

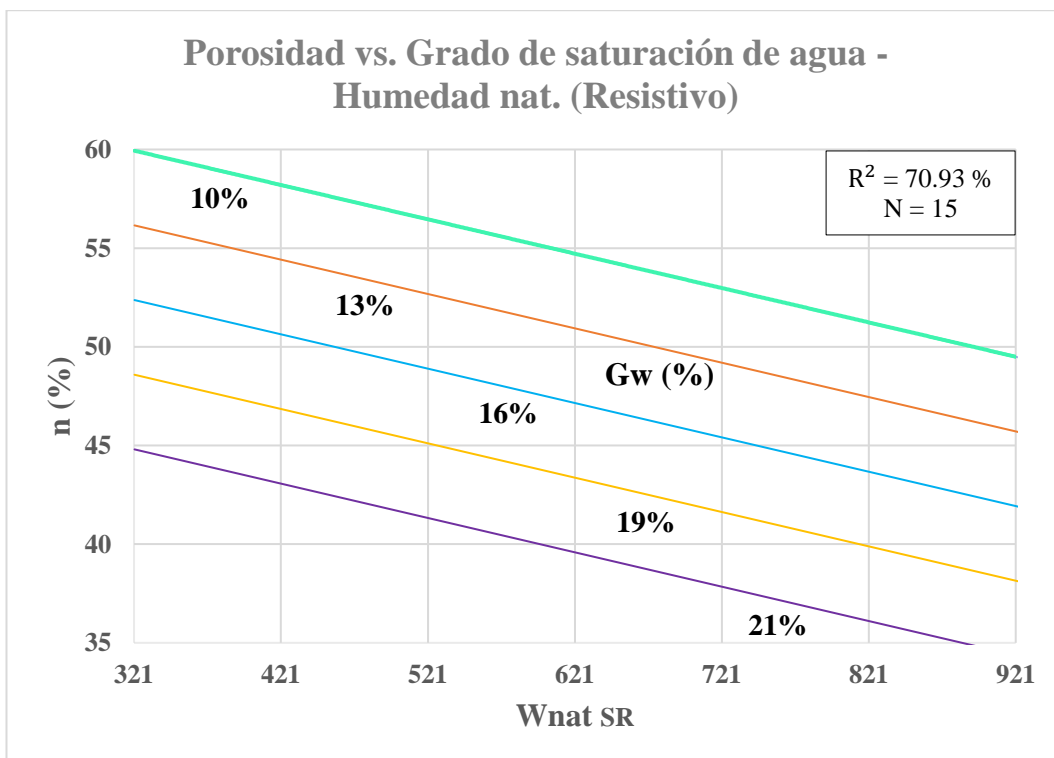


Fig. 118 Correlación n (%) vs. Gw (%) - Wnat SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $n = 67.42 - 0.0174(Wnat SR) - 0.189(Gw)$

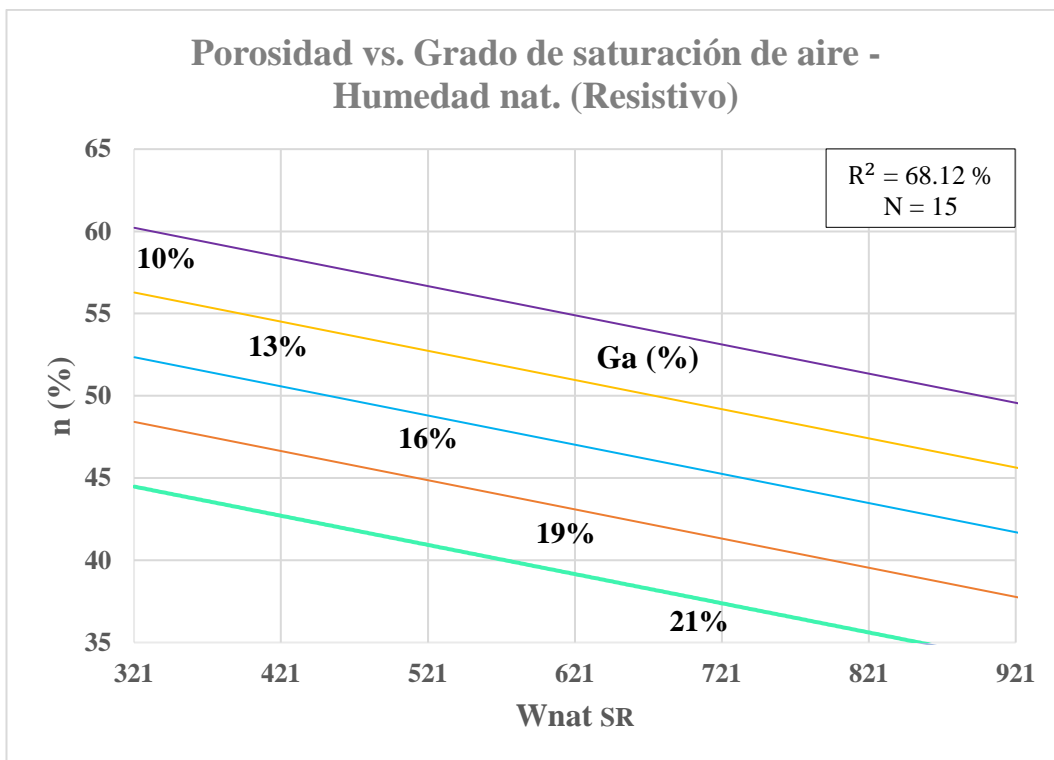


Fig. 119 Correlación n (%) vs. G_a (%) - W_{nat} SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $n = 48.21 - 0.0177(W_{nat} SR) + 0.197(G_a)$

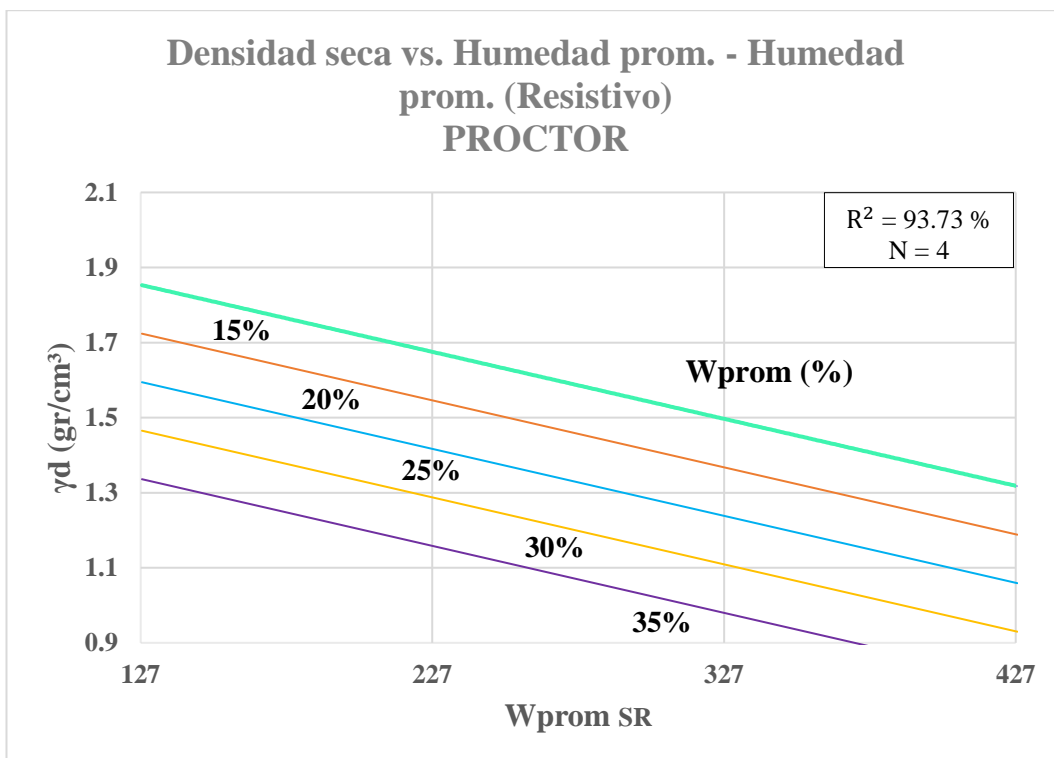


Fig. 120 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. W_{prom} (%) - W_{prom} SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 2.47 - 0.0018(W_{prom} SR) - 0.026(W_{prom})$

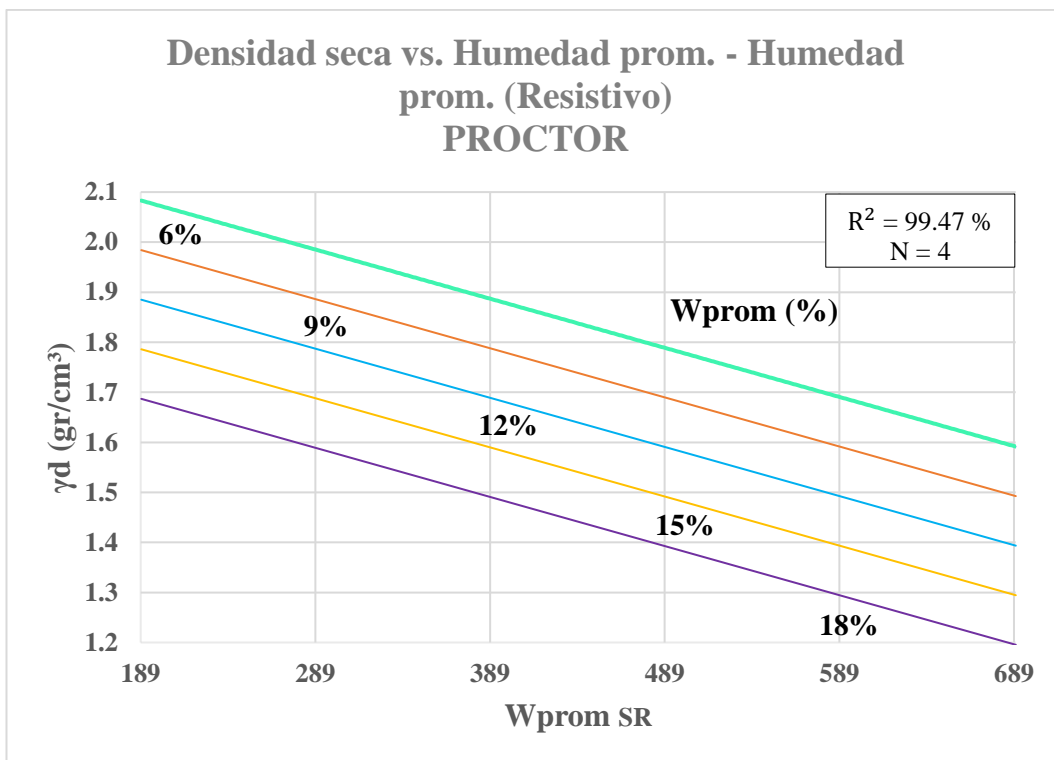


Fig. 121 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 2.47 - 0.0010(W_{prom\ SR}) - 0.033(W_{prom})$

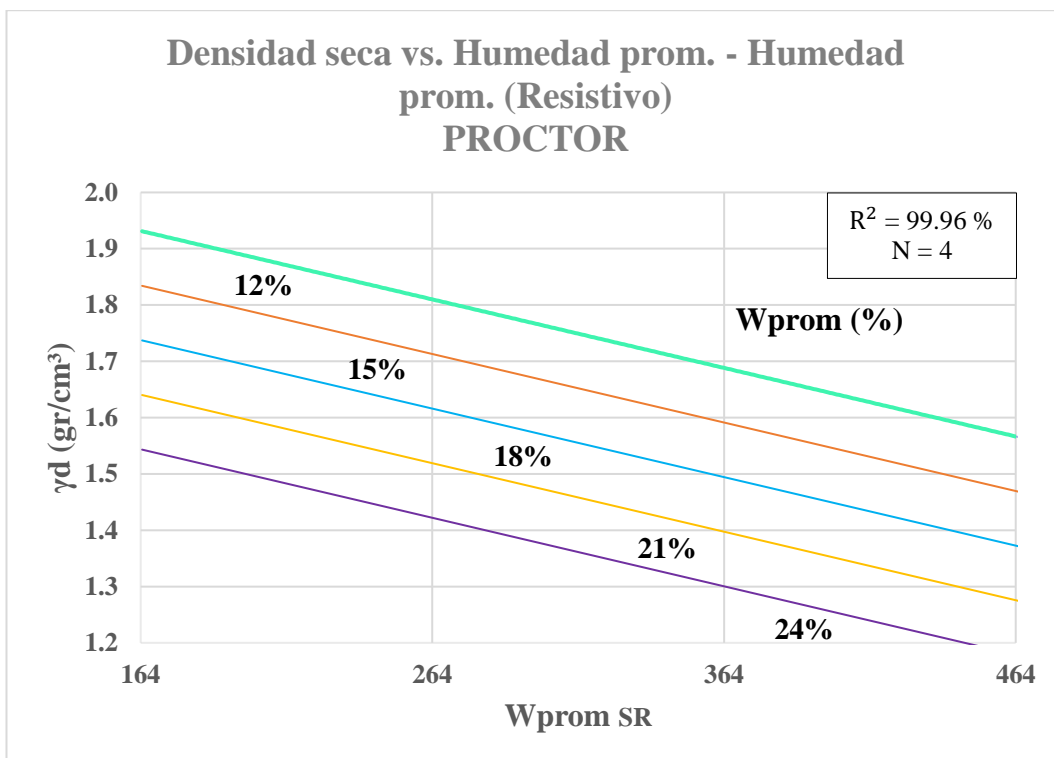


Fig. 122 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 2.52 - 0.0012(W_{prom\ SR}) - 0.032(W_{prom})$

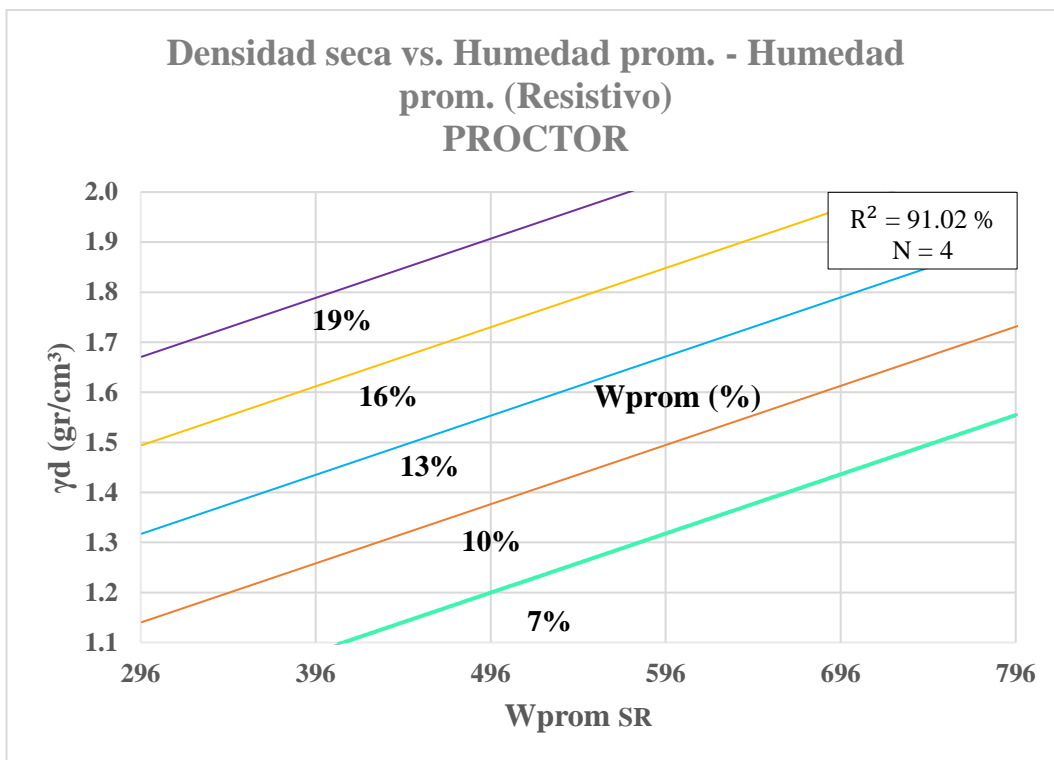


Fig. 123 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 0.20 + 0.0012(W_{prom\ SR}) + 0.059(W_{prom})$

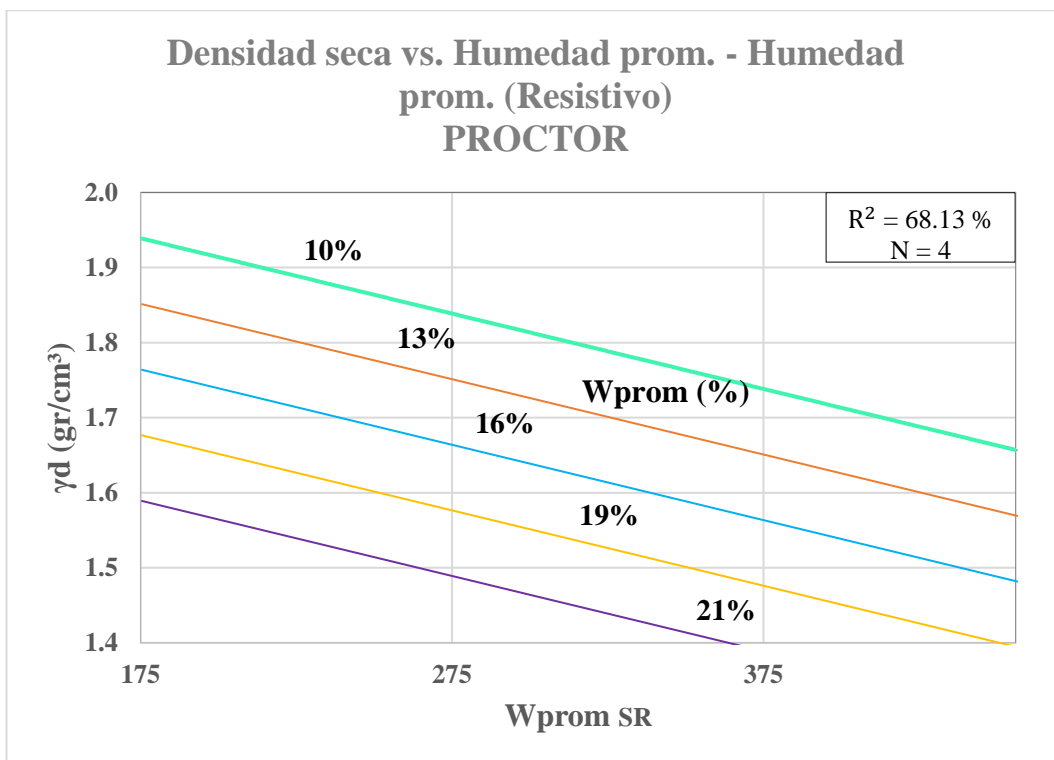


Fig. 124 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = 2.41 - 0.0010(W_{prom\ SR}) - 0.029(W_{prom})$

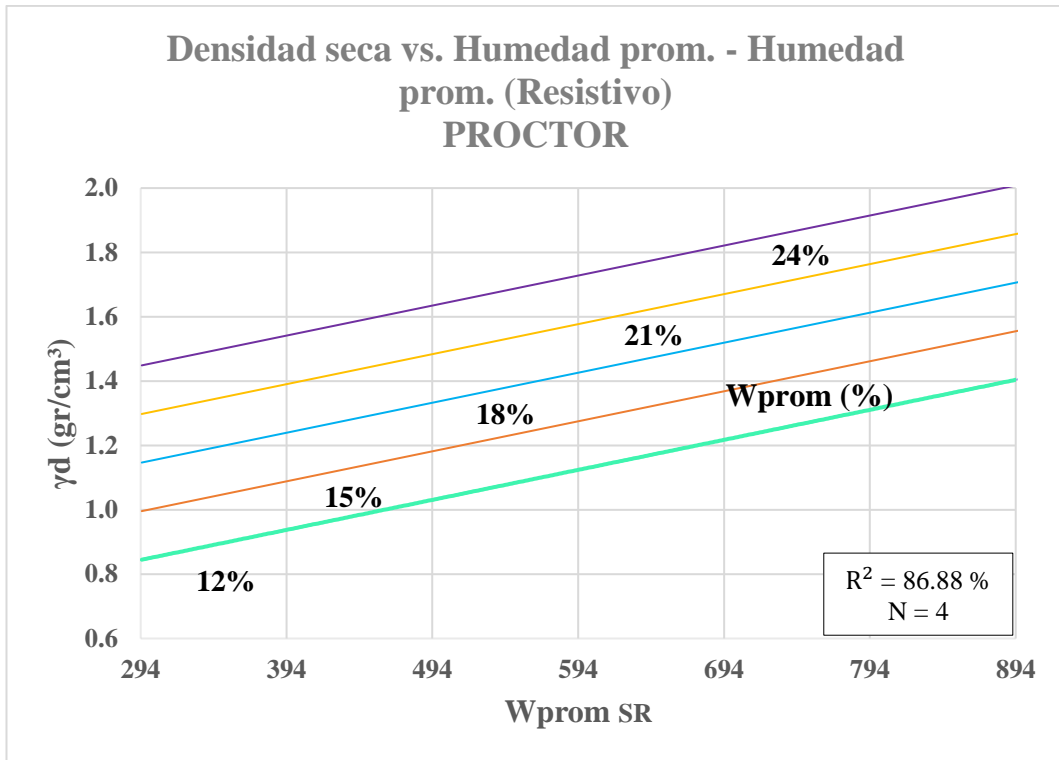




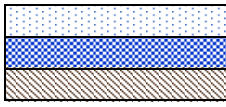
Fig. 125 Correlación γ_d (gr/cm³) vs. Wprom (%) - Wprom SR

Realizó: M. I. Martínez Inca.

Ecuación: $\gamma_d = -0.03 + 0.0009(W_{prom\ SR}) + 0.050(W_{prom})$





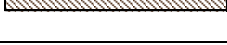
Anexo B: Ensayos

TABLA XXXV. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 1.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia:	Tungurahua						
Cantón:	Ambato						
Sector:	Totoras						
Fecha:	25/ago/2020						
Norma:	AASHTO T 265-15 (2019)						
Número de muestra:	1						
Coordenadas:	17M, 767080; 9854168						
Tipo:	Subrasante						
Profundidad:	1.00 m						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	1				
	Recipiente	N°	L1				
W_h	Rec + Suelo Húmedo	gr.	87.40				
W_s	Rec + Suelo Seco	gr.	84.67				
W_r	Peso del recipiente	gr.	23.60				
W_w	Peso del agua	gr.	2.73				
W_p	Peso del suelo seco	gr.	61.07				
W	Humedad	%	4.47				
Humedad (%) :			4.47				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
$V_v=$		$W_v=$	19.39	cm ³	-	gr.	
$V_a=$		$W_a=$	16.66	cm ³	0.00	gr.	
$V_w=$		$W_w=$	2.73	cm ³	2.73	gr.	
$V_s=$		$W_s=$	23.05	cm ³	61.07	gr.	
$V_m=$		$W_m=$	42.44	cm ³	63.80	gr.	
Relación de vacíos		$e = V_v/V_s$			0.84	Natural	
Porosidad	$n\% = V_v/V_m * 100$			45.69	%		
Grado de Saturación de agua	$G_w\% = V_w/V_v * 100$			14.08	%		
Grado de Saturación de aire	$G_a\% = V_a/V_v * 100$			85.92	%		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 4.47 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



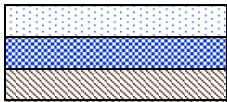
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXXVI. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 2.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 2						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 765860; 9853353						
Sector: Montalvo	Tipo: Subrasante						
Fecha: 25/ago/2020	Profundidad: 0.90 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	2				
	Recipiente	N°	H2				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	247.06				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	239.67				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	43.28				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	7.39				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	196.39				
<i>W</i>	Humedad	%	3.76				
Humedad (%) :			3.76				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		60.72	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		53.33	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		7.39	cm ³	7.39	gr.
Vs=		Ws=		74.11	cm ³	196.39	gr.
Vm=		Wm=		134.83	cm ³	203.78	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.82		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		45.03		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		12.17		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		87.83		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 3.76 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





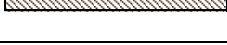
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXXVII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 3.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 3						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 752063; 9858559						
Sector: San Antonio de Pasa	Tipo: Subrasante						
Fecha: 26/ago/2020	Profundidad: 1.00 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	3				
	Recipiente	N°	D7				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	213.05				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	193.18				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	46.26				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	19.87				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	146.92				
<i>W</i>	Humedad	%	13.52				
Humedad (%) :			13.52				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		28.31	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		8.44	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		19.87	cm ³	19.87	gr.
Vs=		Ws=		55.44	cm ³	146.92	gr.
Vm=		Wm=		83.75	cm ³	166.79	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.51		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		33.80		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		70.19		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		29.81		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 13.52 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





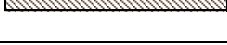
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXXVIII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 4.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 4						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M; 752538; 9856160						
Sector: Pilahuín	Tipo: Subrasante						
Fecha: 26/ago/2020	Profundidad: 0.70 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	4				
	Recipiente	N°	R5				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	234.98				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	192.30				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	43.12				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	42.68				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	149.18				
<i>W</i>	Humedad	%	28.61				
Humedad (%) :			28.61				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		50.42	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		7.74	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		42.68	cm ³	42.68	gr.
Vs=		Ws=		56.29	cm ³	149.18	gr.
Vm=		Wm=		106.72	cm ³	191.86	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.90		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		47.25		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		84.64		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		15.36		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 28.61 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





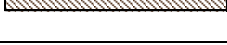
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XXXIX. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 5.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 5						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 756518; 9855783						
Sector: Juan Benigno Vela	Tipo: Subrasante						
Fecha: 26/ago/2020	Profundidad: 0.80 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	5				
	Recipiente	N°	C5				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	214.96				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	194.91				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	45.68				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	20.05				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	149.23				
<i>W</i>	Humedad	%	13.44				
Humedad (%) :			13.44				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		44.75	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		24.70	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		20.05	cm ³	20.05	gr.
Vs=		Ws=		56.31	cm ³	149.23	gr.
Vm=		Wm=		101.07	cm ³	169.28	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.79		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		44.28		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		44.80		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		55.20		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 13.44 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			






Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XL. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 6.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 6						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 760332; 9858254						
Sector: Santa Rosa	Tipo: Subrasante						
Fecha: 26/ago/2020	Profundidad: 1.00 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	6				
	Recipiente	N°	M3				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	88.44				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	82.88				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	20.52				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	5.56				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	62.36				
<i>W</i>	Humedad	%	8.92				
Humedad (%) :			8.92				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=	23.47	23.47	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=	17.91	17.91	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=	5.56	5.56	cm ³	5.56	gr.
Vs=		Ws=	23.53	23.53	cm ³	62.36	gr.
Vm=		Wm=	47.00	47.00	cm ³	67.92	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		1.00		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		49.93		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vw*100		23.69		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		76.31		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 8.92 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			






Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLI. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 7.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 7						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 764560; 9866162						
Sector: Augusto N. Martínez	Tipo: Subrasante						
Fecha: 28/ago/2020	Profundidad: 0.80 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	7				
	Recipiente	N°	C7				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	226.86				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	194.24				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	41.82				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	32.62				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	152.42				
<i>W</i>	Humedad	%	21.40				
Humedad (%) :			21.40				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		58.20	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		25.58	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		32.62	cm ³	32.62	gr.
Vs=		Ws=		57.52	cm ³	152.42	gr.
Vm=		Wm=		115.71	cm ³	185.04	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		1.01		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		50.29		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		56.05		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		43.95		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 21.4 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





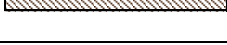
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 8.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 8						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 762483; 9866941						
Sector: Constantino Fernández	Tipo: Subrasante						
Fecha: 28/ago/2020	Profundidad: 0.85 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	8				
	Recipiente	N°	R4				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	217.81				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	197.25				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	42.86				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	20.56				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	154.39				
<i>W</i>	Humedad	%	13.32				
Humedad (%) :			13.32				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		58.76	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		38.20	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		20.56	cm ³	20.56	gr.
Vs=		Ws=		58.26	cm ³	154.39	gr.
Vm=		Wm=		117.03	cm ³	174.95	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		1.01		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		50.22		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		34.99		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		65.01		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 13.32 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





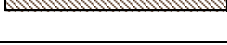
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLIII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 9.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 9						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 762193; 9863397						
Sector: San Bartolomé de Pinlo	Tipo: Subrasante						
Fecha: 28/ago/2020	Profundidad: 0.95 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	9				
	Recipiente	N°	6T				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	177.20				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	164.12				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	45.82				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	13.08				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	118.30				
<i>W</i>	Humedad	%	11.06				
Humedad (%) :			11.06				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		48.95	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		35.87	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		13.08	cm ³	13.08	gr.
Vs=		Ws=		44.64	cm ³	118.30	gr.
Vm=		Wm=		93.59	cm ³	131.38	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		1.10		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		52.30		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		26.72		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		73.28		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 11.06 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLIV. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 10.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 10						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 760124; 9862802						
Sector: Ambatillo	Tipo: Subrasante						
Fecha: 28/ago/2020	Profundidad: 0.70 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	10				
	Recipiente	N°	B8				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	227.60				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	198.57				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	41.96				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	29.03				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	156.61				
<i>W</i>	Humedad	%	18.54				
Humedad (%) :			18.54				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		29.32	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		0.29	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		29.03	cm ³	29.03	gr.
Vs=		Ws=		59.10	cm ³	156.61	gr.
Vm=		Wm=		88.41	cm ³	185.64	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.50		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		33.16		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		99.03		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		0.97		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 18.54 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





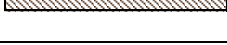
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLV. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 11.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Quisapincha Fecha: 28/ago/2020 Norma: AASHTO T 265-15 (2019)	Número de muestra: 11 Coordenadas: 17M, 758732; 9861791 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.95 m				
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL					
DATOS					
Símbolo	Muestra	N°	11		
	Recipiente	N°	D1		
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	236.91		
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	204.52		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	44.64		
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	32.39		
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	159.88		
<i>W</i>	Humedad	%	20.26		
Humedad (%) :			20.26		
FASES DEL SUELO					
Volúmenes (V)	Pesos (W)	Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=	Wv=	77.97	cm ³	-	gr.
Va=	Wa=	45.58	cm ³	0.00	gr.
Vw=	Ww=	32.39	cm ³	32.39	gr.
Vs=	Ws=	60.33	cm ³	159.88	gr.
Vm=	Wm=	138.30	cm ³	192.27	gr.
Relación de vacíos	$e = Vv/Vs$	1.29		Natural	
Porosidad	$n\% = Vv/Vm * 100$	56.38		%	
Grado de Saturación de agua	$Gw\% = Ww/Vw * 100$	41.54		%	
Grado de Saturación de aire	$Ga\% = Va/Vv * 100$	58.46		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 20.26 %.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



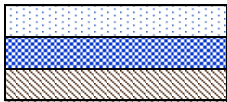
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLVI. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 12.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Huachi Grande Fecha: 30/ago/2020 Norma: AASHTO T 265-15 (2019)	Número de muestra: 12 Coordenadas: 17M, 763322; 9855294 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	12				
	Recipiente	N°	H2				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	229.09				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	213.80				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	43.41				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	15.29				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	170.39				
<i>W</i>	Humedad	%	8.97				
Humedad (%) :			8.97				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		59.59	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		44.30	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		15.29	cm ³	15.29	gr.
Vs=		Ws=		64.30	cm ³	170.39	gr.
Vm=		Wm=		123.89	cm ³	185.68	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.93		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		48.10		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		25.66		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		74.34		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 8.97 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





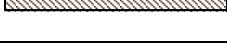
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLVII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 13.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 13						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 770459; 9860157						
Sector: Picañhua	Tipo: Subrasante						
Fecha: 30/ago/2020	Profundidad: 1.00 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	13				
	Recipiente	N°	F4				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	285.47				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	273.40				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	53.07				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	12.07				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	220.33				
<i>W</i>	Humedad	%	5.48				
Humedad (%) :			5.48				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		74.05	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		61.98	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		12.07	cm ³	12.07	gr.
Vs=		Ws=		83.14	cm ³	220.33	gr.
Vm=		Wm=		157.19	cm ³	232.40	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.89		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		47.11		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		16.30		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		83.70		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 5.48 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			





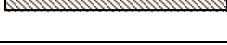
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLVIII. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 14.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Izamba Fecha: 30/ago/2020 Norma: AASHTO T 265-15 (2019)	Número de muestra: 14 Coordenadas: 17M, 771251; 9865306 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m						
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	14				
	Recipiente	N°	F3				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	248.46				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	216.70				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	54.92				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	31.76				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	161.78				
<i>W</i>	Humedad	%	19.63				
Humedad (%) :			19.63				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		49.91	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		18.15	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		31.76	cm ³	31.76	gr.
Vs=		Ws=		61.05	cm ³	161.78	gr.
Vm=		Wm=		110.96	cm ³	193.54	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.82		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		44.98		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vw*100		63.64		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		36.36		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 19.63 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



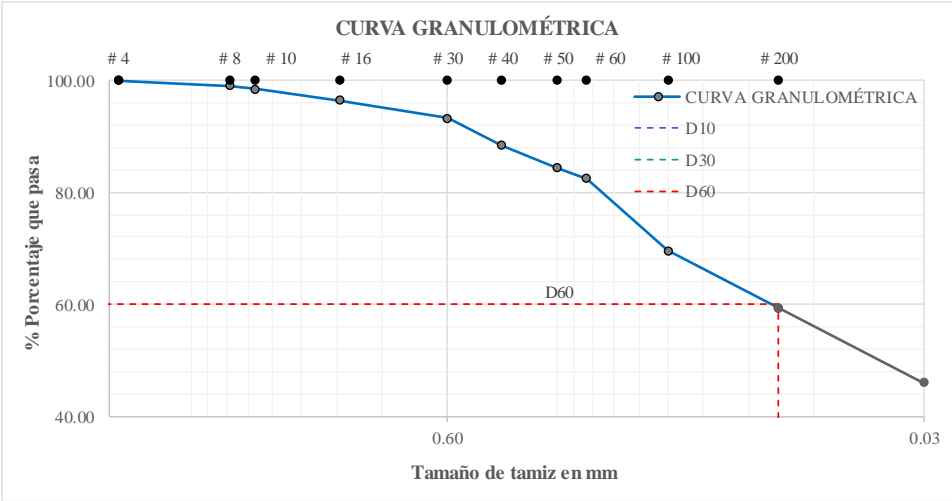
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XLIX. Contenido de humedad gravimétrica – Pozo 15.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 15						
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 766169; 9866574						
Sector: Atahualpa	Tipo: Subrasante						
Fecha: 30/ago/2020	Profundidad: 0.90 m						
Norma: AASHTO T 265-15 (2019)							
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL							
DATOS							
Símbolo	Muestra	N°	15				
	Recipiente	N°	R4				
<i>Wh</i>	Rec + Suelo Húmedo	gr.	223.35				
<i>Ws</i>	Rec + Suelo Seco	gr.	205.89				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	42.85				
<i>Ww</i>	Peso del agua	gr.	17.46				
<i>Wp</i>	Peso del suelo seco	gr.	163.04				
<i>W</i>	Humedad	%	10.71				
Humedad (%) :			10.71				
FASES DEL SUELO							
Volúmenes (V)		Pesos (W)		Volúmenes	Unidades	Pesos	Unidades
Vv=		Wv=		41.96	cm ³	-	gr.
Va=		Wa=		24.50	cm ³	0.00	gr.
Vw=		Ww=		17.46	cm ³	17.46	gr.
Vs=		Ws=		61.52	cm ³	163.04	gr.
Vm=		Wm=		103.48	cm ³	180.50	gr.
Relación de vacíos		e= Vv/Vs		0.68		Natural	
Porosidad		n% = Vv/Vm*100		40.54		%	
Grado de Saturación de agua		Gw%= Ww/Vv*100		41.62		%	
Grado de Saturación de aire		Ga%=Va/Vv *100		58.38		%	
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
El contenido de humedad natural obtenido en este suelo corresponde al valor de 10.71 %.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



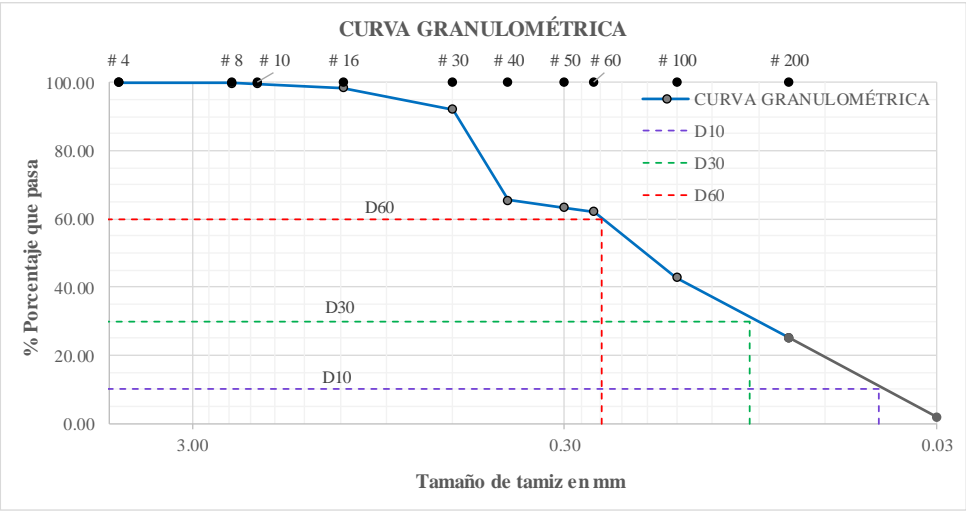
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA L. Granulometría – Pozo 1.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Totoras Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)	Número de muestra: 1 Coordenadas: 17M, 767080; 9854168 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m				
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			500.60		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W _{RET.} ACUM.	% RET. ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	5.01	5.01	1.00	99.00
# 10	2.00	2.46	7.47	1.49	98.51
# 16	1.18	10.18	17.65	3.53	96.47
# 30	0.60	16.30	33.95	6.78	93.22
# 40	0.43	24.34	58.29	11.64	88.36
# 50	0.30	19.78	78.07	15.60	84.40
# 60	0.25	9.36	87.43	17.47	82.53
# 100	0.15	65.18	152.61	30.49	69.51
# 200	0.08	50.68	203.29	40.61	59.39
# Fuente		297.31	500.60	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	40.61	59.39	SM	
AASHTO	1.00	39.61	59.39	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10	N/A	
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	N/A	
D60 (mm)	0.075	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
N/A: Debido a que la prolongación de la línea se extiende demasiado no representa un valor real para los diámetros respectivos, de igual forma para el cálculo de los Coeficientes del suelo.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



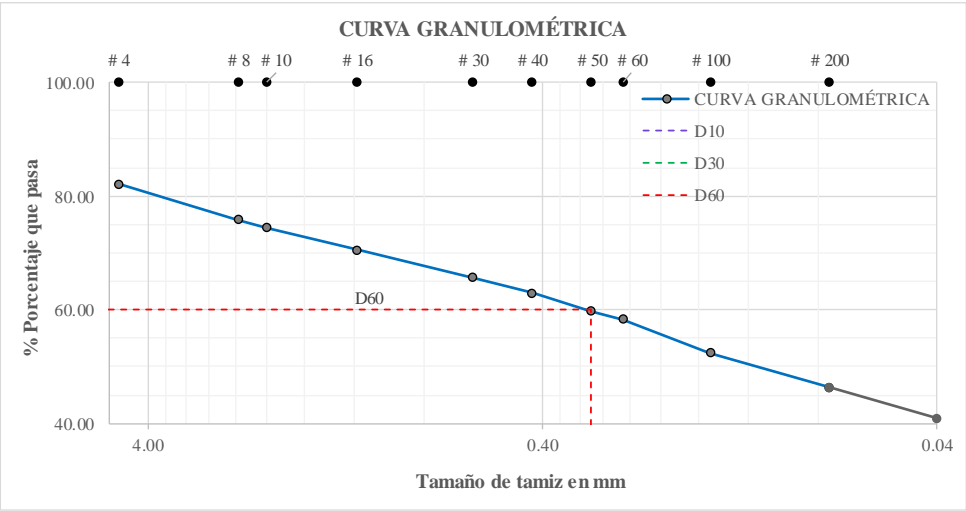
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LI. Granulometría – Pozo 2.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua		Número de muestra: 2			
Cantón: Ambato		Coordenadas: 17M, 765860; 9853353			
Sector: Montalvo		Tipo: Subrasante			
Fecha: 08/sep/2020		Profundidad: 0.90 m			
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			504.20		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	0.84	0.84	0.17	99.83
# 10	2.00	1.08	1.92	0.38	99.62
# 16	1.18	5.80	7.72	1.53	98.47
# 30	0.60	32.14	39.86	7.91	92.09
# 40	0.43	134.26	174.12	34.53	65.47
# 50	0.30	10.74	184.86	36.66	63.34
# 60	0.25	6.52	191.38	37.96	62.04
# 100	0.15	96.72	288.10	57.14	42.86
# 200	0.08	88.98	377.08	74.79	25.21
# Fuente		127.12	504.20	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	74.79	25.21	SM	
AASHTO	0.17	74.62	25.21	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	0.043	Cu =	D60 / D10	5.535	
D30 (mm)	0.095	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.882	
D60 (mm)	0.238	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



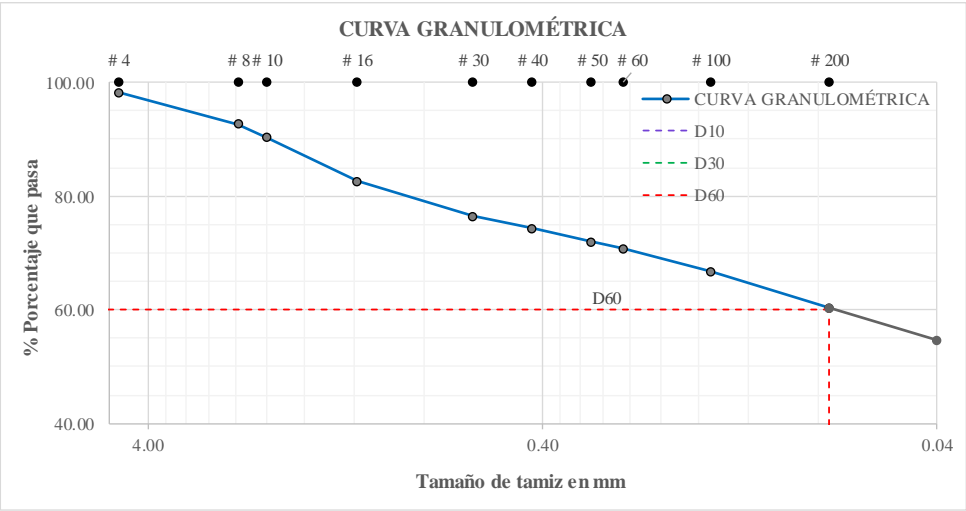
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LII. Granulometría – Pozo 3.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: San Antonio de Pasa Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)			Número de muestra: 3 Coordenadas: 17M, 752063; 9858559 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m				
GRANULOMETRÍA							
DATOS							
W INICIAL (gr) =			512.60				
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W _{RET. ACUM.}	% _{RET. ACUM.}	% PASA		
# 4	4.75	91.65	91.65	17.88	82.12		
# 8	2.36	32.17	123.82	24.16	75.84		
# 10	2.00	7.14	130.96	25.55	74.45		
# 16	1.18	20.03	150.99	29.46	70.54		
# 30	0.60	24.83	175.82	34.30	65.70		
# 40	0.43	13.90	189.72	37.01	62.99		
# 50	0.30	16.33	206.05	40.20	59.80		
# 60	0.25	7.38	213.43	41.64	58.36		
# 100	0.15	30.47	243.90	47.58	52.42		
# 200	0.08	30.85	274.75	53.60	46.40		
# Fuente		237.85	512.60	-	-		
							
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO			
SUCS	17.88	35.72	46.40	SM			
AASHTO	24.16	29.44	46.40	A-2-4			
COEFICIENTE DEL SUELO							
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10		N/A		
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)		N/A		
D60 (mm)	0.300	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425			
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



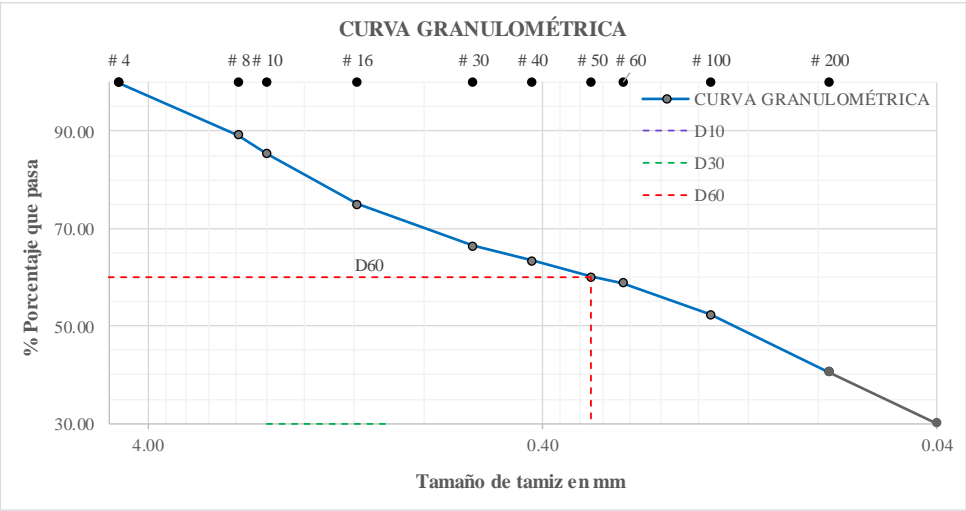
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LIII. Granulometría – Pozo 4.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Pilahuín Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)				Número de muestra: 4 Coordenadas: 17M; 752538; 9856160 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.70 m			
GRANULOMETRÍA							
DATOS							
W INICIAL (gr) =			517.20				
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W _{RET. ACUM.}	% _{RET. ACUM.}	% PASA		
# 4	4.75	9.32	9.32	1.80	98.20		
# 8	2.36	28.92	38.24	7.39	92.61		
# 10	2.00	11.92	50.16	9.70	90.30		
# 16	1.18	39.73	89.89	17.38	82.62		
# 30	0.60	32.07	121.96	23.58	76.42		
# 40	0.43	10.88	132.84	25.68	74.32		
# 50	0.30	12.59	145.43	28.12	71.88		
# 60	0.25	5.53	150.96	29.19	70.81		
# 100	0.15	21.03	171.99	33.25	66.75		
# 200	0.08	32.88	204.87	39.61	60.39		
# Fuente		312.33	517.20	-	-		
							
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO			
SUCS	1.80	37.81	60.39	SM			
AASHTO	7.39	32.22	60.39	A-2-4			
COEFICIENTE DEL SUELO							
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10		N/A		
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)		N/A		
D60 (mm)	0.075	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm			0.425		
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



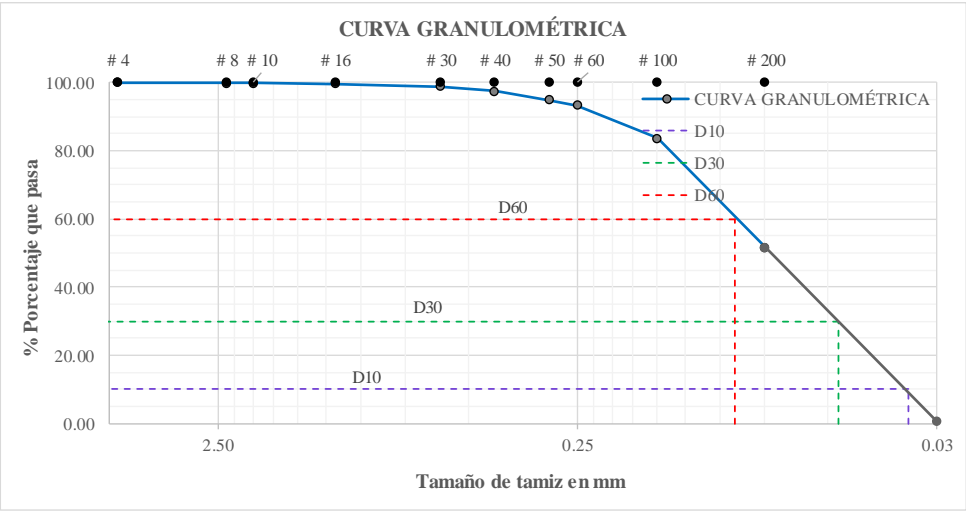
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LIV. Granulometría – Pozo 5.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 5				
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 756518; 9855783				
Sector: Juan Benigno Vela	Tipo: Subrasante				
Fecha: 08/sep/2020	Profundidad: 0.80 m				
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			504.00		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	54.35	54.35	10.78	89.22
# 10	2.00	19.11	73.46	14.58	85.42
# 16	1.18	52.69	126.15	25.03	74.97
# 30	0.60	42.90	169.05	33.54	66.46
# 40	0.43	15.69	184.74	36.65	63.35
# 50	0.30	16.13	200.87	39.86	60.14
# 60	0.25	6.41	207.28	41.13	58.87
# 100	0.15	33.11	240.39	47.70	52.30
# 200	0.08	58.64	299.03	59.33	40.67
# Fuente		204.97	504.00	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	59.33	40.67	SM	
AASHTO	10.78	48.55	40.67	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10	N/A	
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	N/A	
D60 (mm)	0.300	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



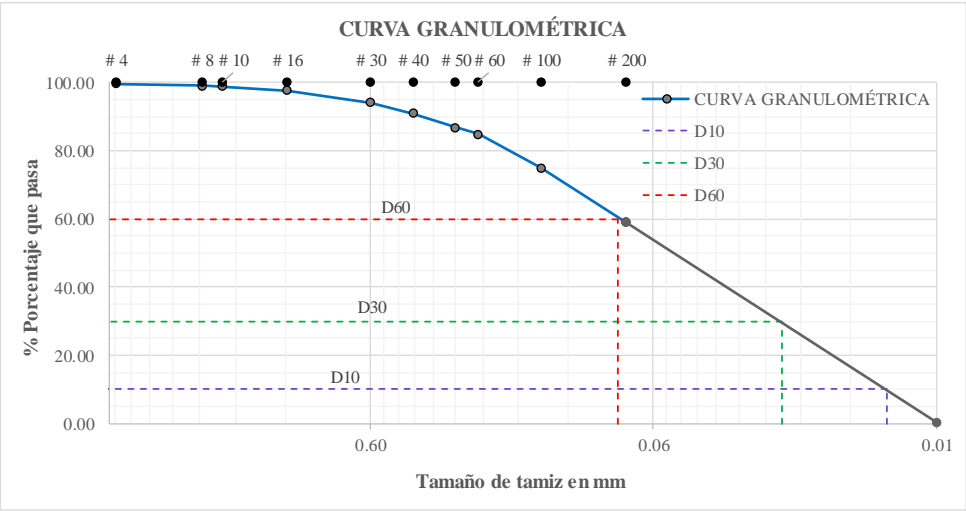
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LV. Granulometría – Pozo 6.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 6				
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 760332; 9858254				
Sector: Santa Rosa	Tipo: Subrasante				
Fecha: 08/sep/2020	Profundidad: 1.00 m				
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			516.80		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	0.66	0.66	0.13	99.87
# 10	2.00	0.21	0.87	0.17	99.83
# 16	1.18	1.18	2.05	0.40	99.60
# 30	0.60	4.39	6.44	1.25	98.75
# 40	0.43	6.80	13.24	2.56	97.44
# 50	0.30	13.57	26.81	5.19	94.81
# 60	0.25	7.66	34.47	6.67	93.33
# 100	0.15	50.35	84.82	16.41	83.59
# 200	0.08	165.53	250.35	48.44	51.56
# Fuente		266.45	516.80	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	48.44	51.56	SM	
AASHTO	0.13	48.31	51.56	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	0.030	Cu =	D60 / D10	3.033	
D30 (mm)	0.047	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.809	
D60 (mm)	0.091	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



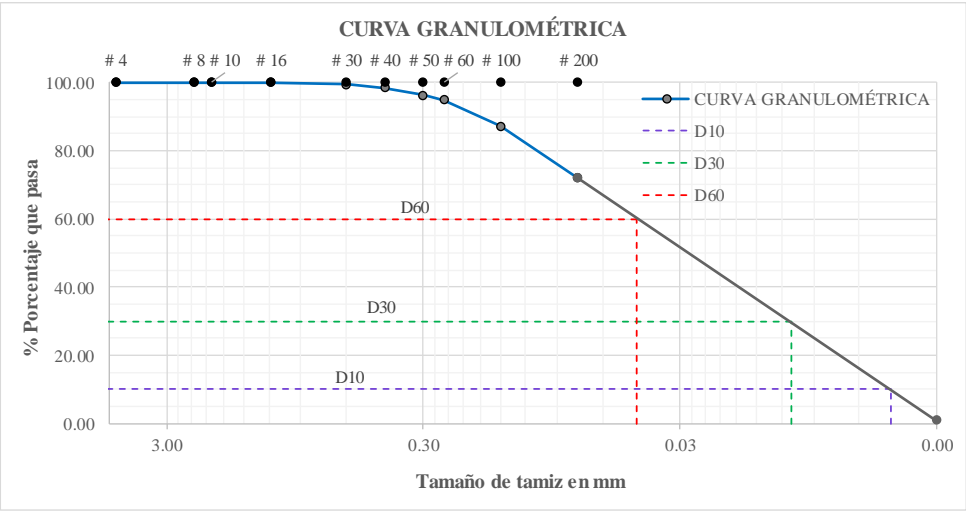
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LVI. Granulometría – Pozo 7.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 7	Coordenadas: 17M, 764560; 9866162			
Cantón: Ambato	Tipo: Subrasante	Profundidad: 0.80 m			
Sector: Augusto N. Martínez					
Fecha: 08/sep/2020					
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			516.60		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	2.27	2.27	0.44	99.56
# 8	2.36	2.70	4.97	0.96	99.04
# 10	2.00	1.05	6.02	1.17	98.83
# 16	1.18	5.80	11.82	2.29	97.71
# 30	0.60	19.10	30.92	5.99	94.01
# 40	0.43	15.74	46.66	9.03	90.97
# 50	0.30	21.92	68.58	13.28	86.72
# 60	0.25	10.25	78.83	15.26	84.74
# 100	0.15	50.74	129.57	25.08	74.92
# 200	0.08	82.86	212.43	41.12	58.88
# Fuente		304.17	516.60	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.44	40.68	58.88	SM	
AASHTO	0.96	40.16	58.88	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	0.009	Cu =	D60 / D10	8.889	
D30 (mm)	0.021	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.613	
D60 (mm)	0.080	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



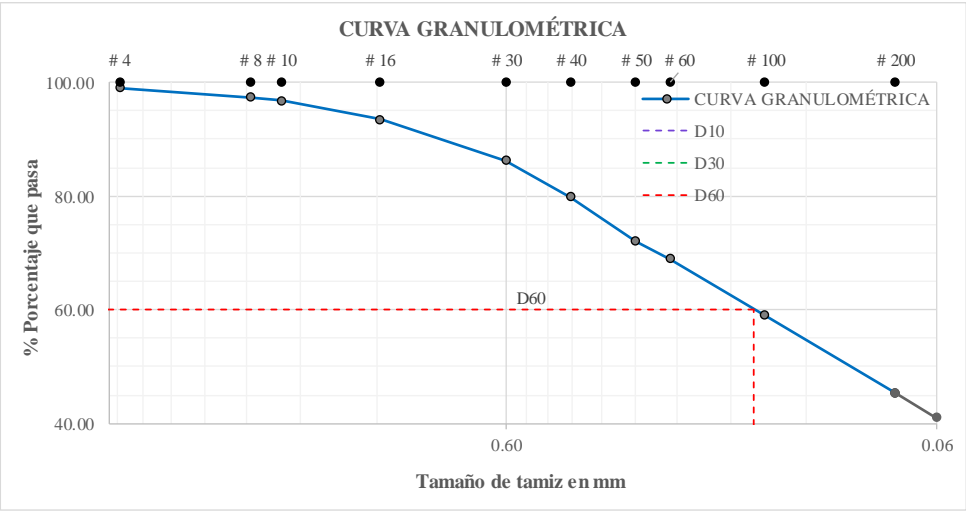
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LVII. Granulometría – Pozo 8.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Constantino Fernández Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)	Número de muestra: 8 Coordenadas: 17M, 762483; 9866941 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.85 m				
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			512.40		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00
# 10	2.00	0.06	0.06	0.01	99.99
# 16	1.18	0.21	0.27	0.05	99.95
# 30	0.60	2.55	2.82	0.55	99.45
# 40	0.43	4.91	7.73	1.51	98.49
# 50	0.30	11.87	19.60	3.83	96.17
# 60	0.25	6.63	26.23	5.12	94.88
# 100	0.15	39.29	65.52	12.79	87.21
# 200	0.08	78.24	143.76	28.06	71.94
# Fuente		368.64	512.40	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	28.06	71.94	SM	
AASHTO	0.00	28.06	71.94	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	0.0045	Cu =	D60 / D10	9.778	
D30 (mm)	0.0110	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.611	
D60 (mm)	0.0440	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



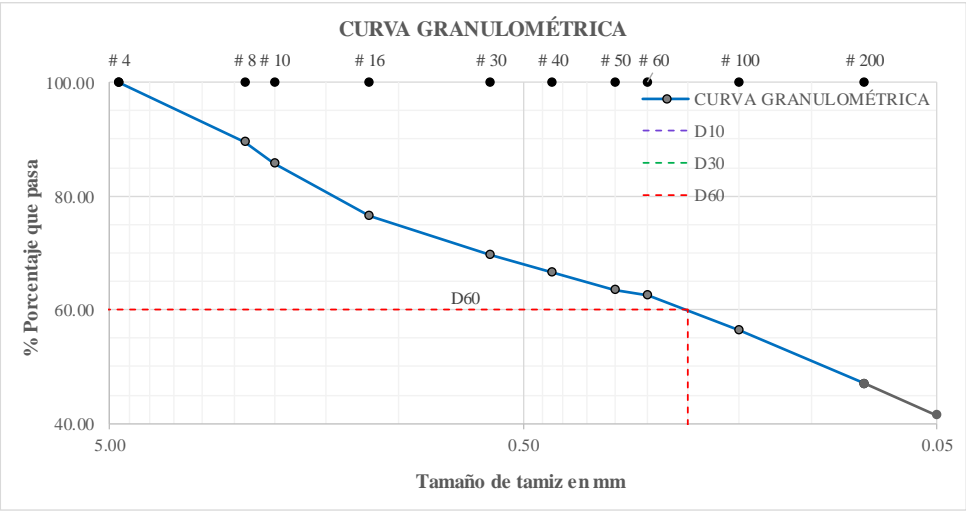
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LVIII. Granulometría – Pozo 9.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: San Bartolomé de Pinlo Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)	Número de muestra: 9 Coordenadas: 17M, 762193; 9863397 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.95 m				
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			511.20		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	4.95	4.95	0.97	99.03
# 8	2.36	8.19	13.14	2.57	97.43
# 10	2.00	3.49	16.63	3.25	96.75
# 16	1.18	16.42	33.05	6.47	93.53
# 30	0.60	36.93	69.98	13.69	86.31
# 40	0.43	33.19	103.17	20.18	79.82
# 50	0.30	39.90	143.07	27.99	72.01
# 60	0.25	15.39	158.46	31.00	69.00
# 100	0.15	51.12	209.58	41.00	59.00
# 200	0.08	69.33	278.91	54.56	45.44
# Fuente		232.29	511.20	-	-
					
Clasificación		GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO
SUCS		0.97	53.59	45.44	SM
AASHTO		2.57	51.99	45.44	A-2-4
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10	N/A	
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	N/A	
D60 (mm)	0.160	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



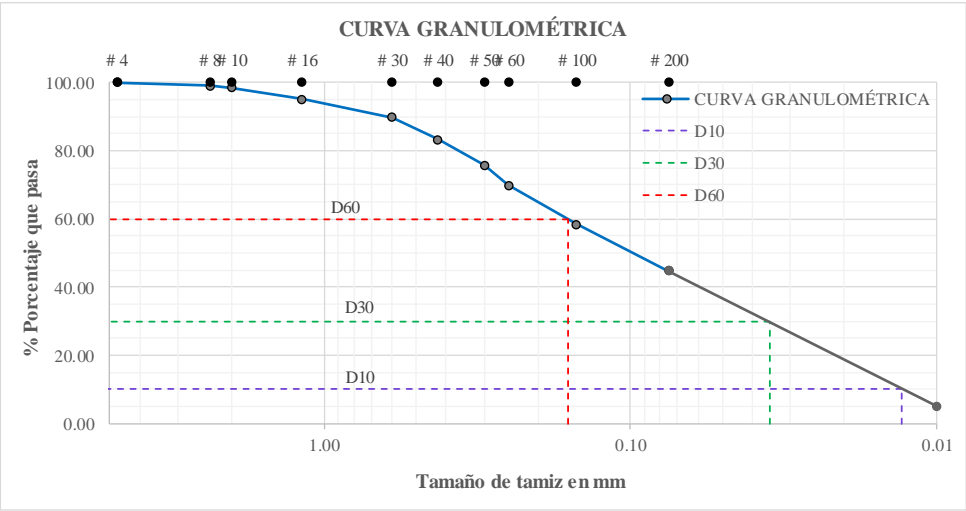
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LIX. Granulometría – Pozo 10.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Ambatillo Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)		Número de muestra: 10 Coordenadas: 17M, 760124; 9862802 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.70 m					
GRANULOMETRÍA							
DATOS							
W INICIAL (gr) =			511.80				
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA		
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00		
# 8	2.36	53.10	53.10	10.38	89.62		
# 10	2.00	19.90	73.00	14.26	85.74		
# 16	1.18	46.80	119.80	23.41	76.59		
# 30	0.60	35.60	155.40	30.36	69.64		
# 40	0.43	15.20	170.60	33.33	66.67		
# 50	0.30	16.10	186.70	36.48	63.52		
# 60	0.25	4.90	191.60	37.44	62.56		
# 100	0.15	31.20	222.80	43.53	56.47		
# 200	0.08	48.20	271.00	52.95	47.05		
# Fuente		240.80	511.80	-	-		
							
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO			
SUCS	0.00	52.95	47.05	SC			
AASHTO	10.38	42.58	47.05	A-2-4			
COEFICIENTE DEL SUELO							
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10		N/A		
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)		N/A		
D60 (mm)	0.200	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425			
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



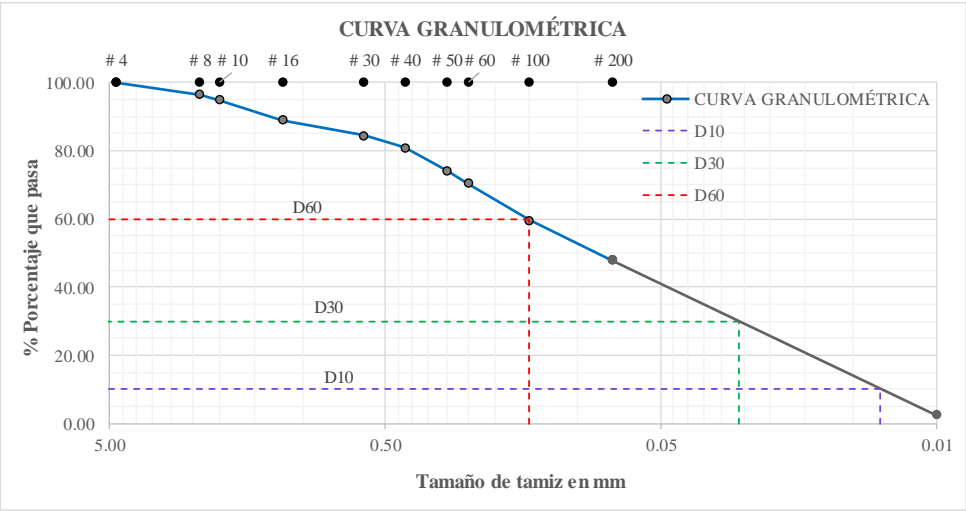
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LX. Granulometría – Pozo 11.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Quisapincha Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)			Número de muestra: 11 Coordenadas: 17M, 758732; 9861791 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.95 m				
GRANULOMETRÍA							
DATOS							
W INICIAL (gr) =			515.60				
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA		
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00		
# 8	2.36	5.20	5.20	1.01	98.99		
# 10	2.00	2.80	8.00	1.55	98.45		
# 16	1.18	17.60	25.60	4.97	95.03		
# 30	0.60	27.60	53.20	10.32	89.68		
# 40	0.43	33.60	86.80	16.83	83.17		
# 50	0.30	38.60	125.40	24.32	75.68		
# 60	0.25	30.60	156.00	30.26	69.74		
# 100	0.15	58.20	214.20	41.54	58.46		
# 200	0.08	70.40	284.60	55.20	44.80		
# Fuente		231.00	515.60	-	-		
							
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO			
SUCS	0.00	55.20	44.80	SM, SC			
AASHTO	1.01	54.19	44.80	A-2-4			
COEFICIENTE DEL SUELO							
D10 (mm)	0.013	Cu =	D60 / D10	12.308			
D30 (mm)	0.035	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.589			
D60 (mm)	0.160	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425			
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



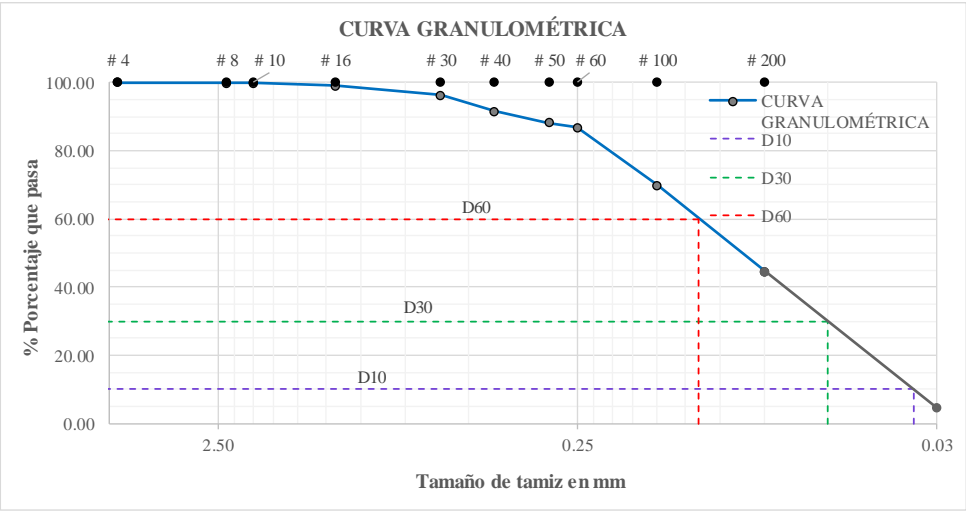
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXI. Granulometría – Pozo 12.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 12				
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 763322; 9855294				
Sector: Huachi Grande	Tipo: Subrasante				
Fecha: 08/sep/2020	Profundidad: 1.00 m				
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			524.40		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	19.00	19.00	3.62	96.38
# 10	2.00	8.20	27.20	5.19	94.81
# 16	1.18	30.60	57.80	11.02	88.98
# 30	0.60	23.80	81.60	15.56	84.44
# 40	0.43	19.20	100.80	19.22	80.78
# 50	0.30	34.80	135.60	25.86	74.14
# 60	0.25	19.60	155.20	29.60	70.40
# 100	0.15	57.40	212.60	40.54	59.46
# 200	0.08	60.80	273.40	52.14	47.86
# Fuente		251.00	524.40	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	52.14	47.86	SM	
AASHTO	3.62	48.51	47.86	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	0.008	Cu =	D60 / D10	18.750	
D30 (mm)	0.0260	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.563	
D60 (mm)	0.1500	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



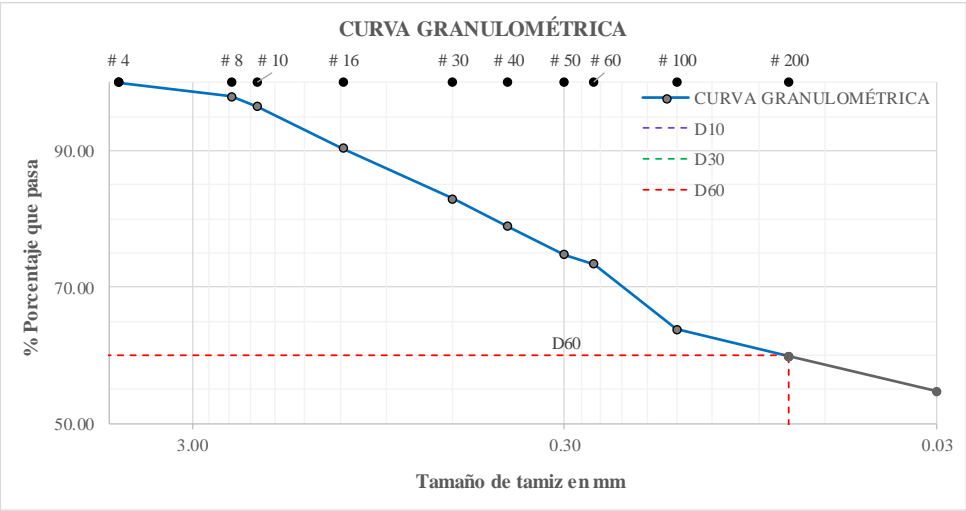
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXII. Granulometría – Pozo 13.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN																							
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.																								
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Picaihua Fecha: 08/sep/2020 Norma: AASHTO T 88 (2019)	Número de muestra: 13 Coordenadas: 17M, 770459; 9860157 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m																							
GRANULOMETRÍA																								
DATOS																								
W INICIAL (gr) =			504.60																					
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA																			
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00																			
# 8	2.36	0.79	0.79	0.16	99.84																			
# 10	2.00	0.58	1.37	0.27	99.73																			
# 16	1.18	3.76	5.13	1.02	98.98																			
# 30	0.60	13.66	18.79	3.72	96.28																			
# 40	0.43	24.22	43.01	8.52	91.48																			
# 50	0.30	16.75	59.76	11.84	88.16																			
# 60	0.25	6.70	66.46	13.17	86.83																			
# 100	0.15	86.26	152.72	30.27	69.73																			
# 200	0.08	126.82	279.54	55.40	44.60																			
# Fuente		225.06	504.60	-	-																			
																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Clasificación</th> <th>GRAVA (%G)</th> <th>ARENA (%S)</th> <th>FINO (%F)</th> <th>SUELO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCS</td> <td>0.00</td> <td>55.40</td> <td>44.60</td> <td>SM</td> </tr> <tr> <td>AASHTO</td> <td>0.16</td> <td>55.24</td> <td>44.60</td> <td>A-2-4</td> </tr> </tbody> </table>					Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	SUCS	0.00	55.40	44.60	SM	AASHTO	0.16	55.24	44.60	A-2-4					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO																				
SUCS	0.00	55.40	44.60	SM																				
AASHTO	0.16	55.24	44.60	A-2-4																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">COEFICIENTE DEL SUELO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D10 (mm)</td> <td>0.029</td> <td>Cu =</td> <td>D60 / D10</td> <td>3.966</td> </tr> <tr> <td>D30 (mm)</td> <td>0.0500</td> <td>Cc =</td> <td>D30² / (D60 * D10)</td> <td>0.750</td> </tr> <tr> <td>D60 (mm)</td> <td>0.1150</td> <td colspan="2">Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm</td> <td>0.425</td> </tr> </tbody> </table>					COEFICIENTE DEL SUELO					D10 (mm)	0.029	Cu =	D60 / D10	3.966	D30 (mm)	0.0500	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.750	D60 (mm)	0.1150	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425
COEFICIENTE DEL SUELO																								
D10 (mm)	0.029	Cu =	D60 / D10	3.966																				
D30 (mm)	0.0500	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	0.750																				
D60 (mm)	0.1150	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425																				
REALIZÓ:			REVISÓ:																					
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla																					



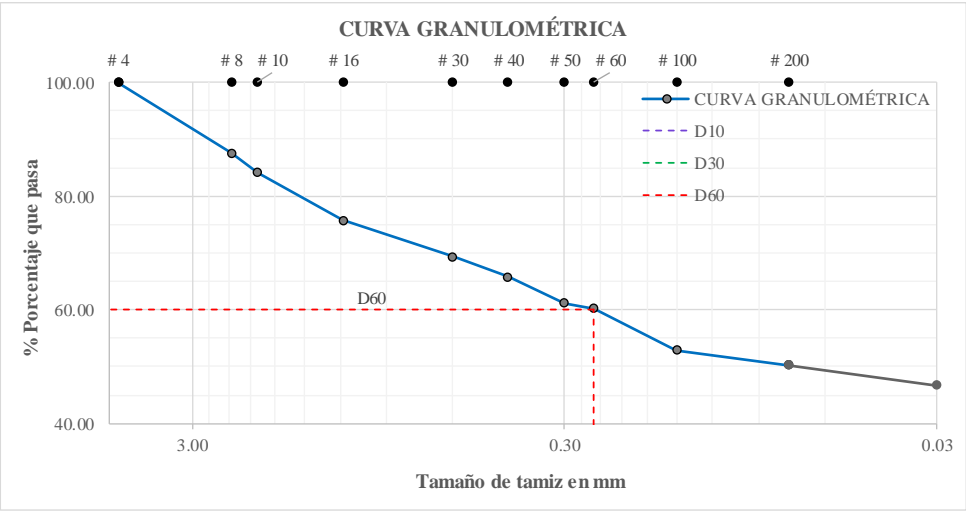
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXIII. Granulometría – Pozo 14.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 14	Coordenadas: 17M, 771251; 9865306			
Cantón: Ambato	Tipo: Subrasante	Profundidad: 1.00 m			
Sector: Izamba					
Fecha: 08/sep/2020					
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			514.80		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	10.80	10.80	2.10	97.90
# 10	2.00	7.40	18.20	3.54	96.46
# 16	1.18	31.60	49.80	9.67	90.33
# 30	0.60	38.20	88.00	17.09	82.91
# 40	0.43	20.60	108.60	21.10	78.90
# 50	0.30	21.20	129.80	25.21	74.79
# 60	0.25	7.20	137.00	26.61	73.39
# 100	0.15	49.40	186.40	36.21	63.79
# 200	0.08	20.20	206.60	40.13	59.87
# Fuente		308.20	514.80	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	40.13	59.87	SM	
AASHTO	2.10	38.03	59.87	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10	N/A	
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	N/A	
D60 (mm)	0.0750	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXIV. Granulometría – Pozo 15.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 15				
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 766169; 9866574				
Sector: Atahualpa	Tipo: Subrasante				
Fecha: 08/sep/2020	Profundidad: 0.90 m				
Norma: AASHTO T 88 (2019)					
GRANULOMETRÍA					
DATOS					
W INICIAL (gr) =			517.80		
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET . ACUM.	% RET . ACUM.	% PASA
# 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	64.20	64.20	12.40	87.60
# 10	2.00	18.20	82.40	15.91	84.09
# 16	1.18	43.00	125.40	24.22	75.78
# 30	0.60	33.60	159.00	30.71	69.29
# 40	0.43	18.00	177.00	34.18	65.82
# 50	0.30	24.00	201.00	38.82	61.18
# 60	0.25	4.80	205.80	39.75	60.25
# 100	0.15	38.20	244.00	47.12	52.88
# 200	0.08	13.60	257.60	49.75	50.25
# Fuente		260.20	517.80	-	-
					
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
SUCS	0.00	49.75	50.25	SM	
AASHTO	12.40	37.35	50.25	A-2-4	
COEFICIENTE DEL SUELO					
D10 (mm)	N/A	Cu =	D60 / D10	N/A	
D30 (mm)	N/A	Cc =	D30 ² / (D60 * D10)	N/A	
D60 (mm)	0.250	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.425	
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXV. Densidad de campo – Pozo 1.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Totoras Fecha: 24/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 1 Coordenadas: 17M, 767080; 9854168 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
	Promedio Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	1		
<i>MoI</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4989.20		
<i>MfI</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	2352.00		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	708.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	1		
<i>W</i>	Humedad	%	4.47		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	1		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1075.60		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1065.60		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1020.00		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	1		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.503		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	1		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.439		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
	Densidad máxima Proctor <i>ym</i> _{máx}	gr./cm ³	1.71		
	Porcentaje de compactación exigido	%	95		
	Porcentaje de compactación alcanzado	%	84.16		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.439 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.503 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 84.16 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXVI. Densidad de campo – Pozo 2.

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN</p>				
<p>Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.</p>					
<p>Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Montalvo Fecha: 24/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)</p>	<p>Número de muestra: 2 Coordenadas: 17M, 765860; 9853353 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.90 m</p>				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
	Promedio Constante del cono y arena	gr.	1588		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	2		
<i>MoI</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4958.00		
<i>MfI</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	1295.40		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
γ	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1401.62		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	2		
<i>W</i>	Humedad	%	3.76		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	2		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	2128.40		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	2118.40		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	2041.58		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	2		
<i>ym</i>	Densidad humedad (<i>Whum/Ve</i>)	gr./cm ³	1.511		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	2		
<i>yd</i>	Densidad seca (<i>Wseco/Ve</i>)	gr./cm ³	1.457		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
	Densidad máxima Proctor <i>ym</i> _{máx}	gr./cm ³	1.639		
	Porcentaje de compactación exigido	%	95		
	Porcentaje de compactación alcanzado	%	88.87		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
<p>- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.457 gr/cm³ y su densidad húmeda es de 1.511 gr/cm³.</p> <p>- El grado de compactación alcanzado in-situ de 88.87 gr/cm³, NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.</p>					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXVII. Densidad de campo – Pozo 3.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia:	Tungurahua	Número de muestra:	3				
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 752063; 9858559				
Sector:	San Antonio de Pasa	Tipo:	Subrasante				
Fecha:	25/ago/2020	Profundidad:	1.00 m				
Norma:	AASHTO T 191-14 (2018)						
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)							
DATOS							
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA							
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3		
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546		
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589		
	Promedio Constante del cono y arena	gr.	1588.20				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN							
Símbolo	Muestra	N°	3				
<i>MoI</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4979.20				
<i>MfI</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	1055.00				
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20				
γ	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48				
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1578.38				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO							
Símbolo	Muestra	N°	3				
<i>W</i>	Humedad	%	13.52				
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO							
Símbolo	Muestra	N°	3				
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	3153.40				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00				
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	3143.40				
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	2768.92				
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA							
Símbolo	Muestra	N°	3				
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.992				
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA							
Símbolo	Muestra	N°	3				
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.754				
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR							
	Densidad máxima Proctor $\gamma_{d\max}$	gr./cm ³	1.741				
	Porcentaje de compactación exigido	%	95				
	Porcentaje de compactación alcanzado	%	100.76				
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.754 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.992 gr/cm ³ .							
- El grado de compactación alcanzado in-situ de 100.76 gr/cm ³ , SI CUMPLE con el grado de compactación exigido.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXVIII. Densidad de campo – Pozo 4.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia:	Tungurahua	Número de muestra:	4		
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M; 752538; 9856160		
Sector:	Pilahuín	Tipo:	Subrasante		
Fecha:	25/ago/2020	Profundidad:	0.70 m		
Norma:	AASHTO T 191-14 (2018)				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	4		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	3849.40		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	838.20		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	961.49		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	4		
<i>W</i>	Humedad	%	28.61		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	4		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1738.60		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1728.60		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1344.07		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	4		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.798		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	4		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.398		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.602		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	87.26		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.398 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.798 gr/cm ³ .					
- El grado de compactación alcanzado in-situ de 87.26 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXIX. Densidad de campo – Pozo 5.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia:	Tungurahua	Número de muestra:	5				
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 756518; 9855783				
Sector:	Juan Benigno Vela	Tipo:	Subrasante				
Fecha:	25/ago/2020	Profundidad:	0.80 m				
Norma:	AASHTO T 191-14 (2018)						
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)							
DATOS							
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA							
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3		
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546		
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589		
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN							
Símbolo	Muestra	N°	5				
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4850.80				
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	1454.00				
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20				
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48				
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1222.03				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO							
Símbolo	Muestra	N°	5				
<i>W</i>	Humedad	%	13.44				
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO							
Símbolo	Muestra	N°	5				
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	2056.80				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00				
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	2046.80				
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1804.37				
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA							
Símbolo	Muestra	N°	5				
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.675				
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA							
Símbolo	Muestra	N°	5				
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.477				
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR							
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.614				
Porcentaje de compactación exigido		%	95				
Porcentaje de compactación alcanzado		%	91.48				
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.477 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.675 gr/cm ³ .							
- El grado de compactación alcanzado in-situ de 91.48 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			


Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXX. Densidad de campo – Pozo 6.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia:	Tungurahua	Número de muestra:	6		
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 760332; 9858254		
Sector:	Santa Rosa	Tipo:	Subrasante		
Fecha:	25/ago/2020	Profundidad:	1.00 m		
Norma:	AASHTO T 191-14 (2018)				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	6		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4844.80		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	1451.20		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1219.86		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	6		
<i>W</i>	Humedad	%	8.92		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	6		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1772.80		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1762.80		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1618.50		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	6		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.445		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	6		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.327		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.768		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	75.04		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.327 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.445 gr/cm ³ .					
- El grado de compactación alcanzado in-situ de 75.04 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		


Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXI. Densidad de campo – Pozo 7.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Augusto N. Martínez Fecha: 27/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 7 Coordenadas: 17M, 764560; 9866162 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.80 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	7		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4054.80		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	764.60		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1150.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	7		
<i>W</i>	Humedad	%	21.40		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	7		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1849.00		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1839.00		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1514.81		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	7		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.599		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	7		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.317		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.675		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	78.64		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.317 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.599 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 78.64 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		


Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXII. Densidad de campo – Pozo 8.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Constantino Fernández Fecha: 27/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 8 Coordenadas: 17M, 762483; 9866941 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.85 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	8		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	3868.20		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	402.40		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1268.65		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	8		
<i>W</i>	Humedad	%	13.32		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	8		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1906.60		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1896.60		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1673.71		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	8		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.495		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	8		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.319		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.63		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	80.94		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.319 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.495 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 80.94 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXIII. Densidad de campo – Pozo 9.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.							
Provincia:	Tungurahua	Número de muestra:	9				
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 762193; 9863397				
Sector:	San Bartolomé de Pinlo	Tipo:	Subrasante				
Fecha:	27/ago/2020	Profundidad:	0.95 m				
Norma:	AASHTO T 191-14 (2018)						
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)							
DATOS							
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA							
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3		
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546		
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589		
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20				
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN							
Símbolo	Muestra	N°	9				
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	3897.80				
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	346.20				
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20				
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48				
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1326.62				
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO							
Símbolo	Muestra	N°	9				
<i>W</i>	Humedad	%	11.06				
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO							
Símbolo	Muestra	N°	9				
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1872.20				
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00				
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1862.20				
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1676.80				
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA							
Símbolo	Muestra	N°	9				
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.404				
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA							
Símbolo	Muestra	N°	9				
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.264				
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR							
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.789				
Porcentaje de compactación exigido		%	95				
Porcentaje de compactación alcanzado		%	70.65				
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO							
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.264 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.404 gr/cm ³ .							
- El grado de compactación alcanzado in-situ de 70.65 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.							
REALIZÓ:				REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla			



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXIV. Densidad de campo – Pozo 10.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Ambatillo Fecha: 27/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 10 Coordenadas: 17M, 760124; 9862802 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.70 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	10		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4342.60		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	1390.20		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	921.76		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	10		
<i>W</i>	Humedad	%	18.54		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	10		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1945.40		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1935.40		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1632.75		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	10		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	2.100		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	10		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.771		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.6		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	110.71		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.771 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 2.1 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 110.71 gr/cm ³ , SI CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXV. Densidad de campo – Pozo 11.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Quisapincha Fecha: 27/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 11 Coordenadas: 17M, 758732; 9861791 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.95 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	11		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4473.20		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	956.20		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1303.24		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	11		
<i>W</i>	Humedad	%	20.26		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	11		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1821.80		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1811.80		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1506.58		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	11		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.390		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	11		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.156		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.655		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	69.85		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.156 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.39 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 69.85 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXVI. Densidad de campo – Pozo 12.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Huachi Grande Fecha: 29/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 12 Coordenadas: 17M, 763322; 9855294 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	12		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4243.20		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	506.40		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1451.76		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	12		
<i>W</i>	Humedad	%	8.97		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	12		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	2185.80		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	2175.80		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1996.63		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	12		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.499		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	12		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.375		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.720		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	79.97		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.375 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.499 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 79.97 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXVII. Densidad de campo – Pozo 13.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Picaihua Fecha: 29/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 13 Coordenadas: 17M, 770459; 9860157 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	13		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4078.80		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	588.40		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1285.27		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	13		
<i>W</i>	Humedad	%	5.48		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	13		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1910.20		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1900.20		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1801.51		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	13		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.478		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	13		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.402		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.733		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	80.88		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.402 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.478 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 80.88 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		


Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXVIII. Densidad de campo – Pozo 14.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Izamba Fecha: 29/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 14 Coordenadas: 17M, 771251; 9865306 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	14		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	3433.40		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	175.40		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	1128.24		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	14		
<i>W</i>	Humedad	%	19.63		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	14		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1978.00		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1968.00		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1645.05		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	14		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.744		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	14		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.458		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.617		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	90.17		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.458 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.744 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 90.17 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



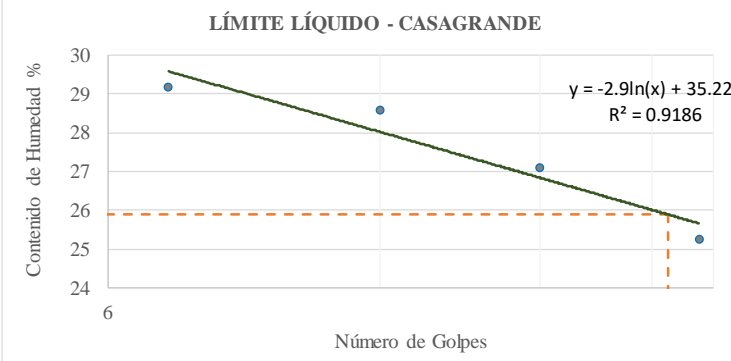
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXIX. Densidad de campo – Pozo 15.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Atahualpa Fecha: 29/ago/2020 Norma: AASHTO T 191-14 (2018)	Número de muestra: 15 Coordenadas: 17M, 766169; 9866574 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.90 m				
DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)					
DATOS					
CONSTANTE DEL CONO Y ARENA					
Símbolo	Ensayo	N°	1	2	3
<i>Mo</i>	Peso total Aparato + Arena	gr.	5722	5786	5546
<i>Mf</i>	Peso Aparato + Arena restante	gr.	4136	4196	3957
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1586	1590	1589
Promedio Constante del cono y arena		gr.	1588.20		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
Símbolo	Muestra	N°	15		
<i>Mo1</i>	Peso inicial Frasco + Cono + Arena	gr.	4161.80		
<i>Mf1</i>	Peso final Frasco + Cono + Arena	gr.	1138.60		
<i>Cc</i>	Constante del cono y arena	gr.	1588.20		
<i>y</i>	Densidad de la Arena de Ottawa	gr./cm ³	1.48		
<i>Ve</i>	Volumen de la excavación	cm ³	969.59		
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	15		
<i>W</i>	Humedad	%	10.71		
DETERMINACIÓN DE LA MASA SECA DEL SUELO					
Símbolo	Muestra	N°	15		
<i>Wh</i>	Masa del suelo húmedo + recipiente	gr.	1573.40		
<i>Wr</i>	Peso del recipiente	gr.	10.00		
<i>Whum</i>	Peso de la masa del suelo húmedo	gr.	1563.40		
<i>Wseco</i>	Peso de la masa del suelo seco	gr.	1412.17		
DETERMINACIÓN DENSIDAD HÚMEDA					
Símbolo	Muestra	N°	15		
<i>ym</i>	Densidad humedad (Whum/Ve)	gr./cm ³	1.612		
DETERMINACIÓN DENSIDAD SECA					
Símbolo	Muestra	N°	15		
<i>yd</i>	Densidad seca (Wseco/Ve)	gr./cm ³	1.456		
DENSIDAD ALCANZADA EN PROCTOR					
Densidad máxima Proctor $\gamma_{dm\acute{a}x}$		gr./cm ³	1.634		
Porcentaje de compactación exigido		%	95		
Porcentaje de compactación alcanzado		%	89.13		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
- La densidad seca in situ corresponde al valor de 1.456 gr/cm ³ y su densidad húmeda es de 1.612 gr/cm ³ . - El grado de compactación alcanzado in-situ de 89.13 gr/cm ³ , NO CUMPLE con el grado de compactación exigido.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



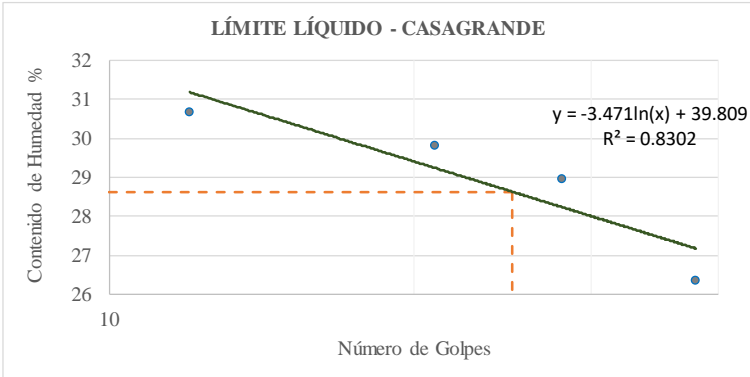
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXX. Límites de Atterberg – Pozo 1.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Totoras Fecha: 15/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 1 Coordenadas: 17M, 767080; 9854168 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
7	C-8	42.52	56.01	52.92	29.71	29.16
	D-8	46.89	60.78	57.69	28.61	
12	R-4	42.87	51.16	49.37	27.54	28.59
	6-A	38.30	49.19	46.70	29.64	
18	D-1	44.63	52.62	50.93	26.83	27.11
	D-7	46.25	55.04	53.15	27.39	
27	H-1	42.92	50.21	48.72	25.69	25.26
	C-6	41.74	48.73	47.34	24.82	
Límite líquido (%):				25.89		
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
7A	7.40	6.21	6.40	19.00	22.42	
6H	7.40	6.31	6.50	21.11		
4B	7.20	6.31	6.50	27.14		
1D	7.30	6.21	6.40	21.11		
3E	7.40	6.41	6.60	23.75		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Limite liquido:		25.89		%		
Limite plástico:		22.42		%		
Índice plástico:		3.47		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:			REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla			



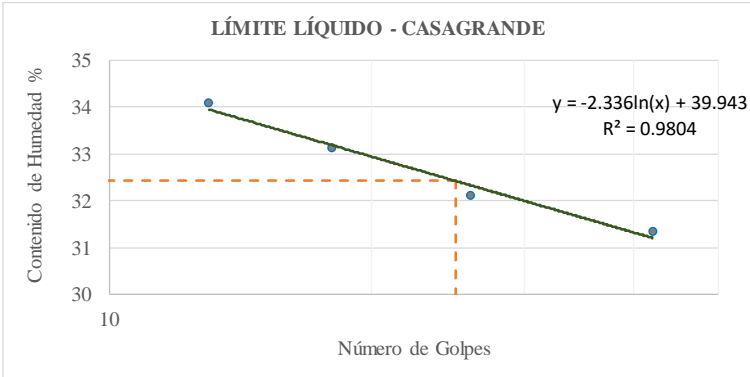
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXI. Límites de Atterberg – Pozo 2.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Montalvo Fecha: 15/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 2 Coordenadas: 17M, 765860; 9853353 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.90 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
12	F3	54.94	63.45	61.44	30.92	30.69
	P4	49.16	57.77	55.76	30.45	
21	C7	41.98	49.89	48.08	29.67	29.84
	F4	53.09	60.50	58.79	30.00	
28	M1	93.76	102.27	100.36	28.94	28.96
	M2	93.98	101.59	99.88	28.98	
38	2F	47.73	55.74	54.03	27.14	26.37
	M3	94.41	101.82	100.31	25.59	
Límite líquido (%):				28.64		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
2C	4.20	2.79	3.10	28.18	27.47	
5F	4.40	2.89	3.20	25.83		
8G	4.20	3.29	3.50	30.00		
7G	4.10	2.99	3.20	23.33		
4F	4.20	3.29	3.50	30.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		28.64	%			
Límite plástico:		27.47	%			
Índice plástico:		1.17	%			
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



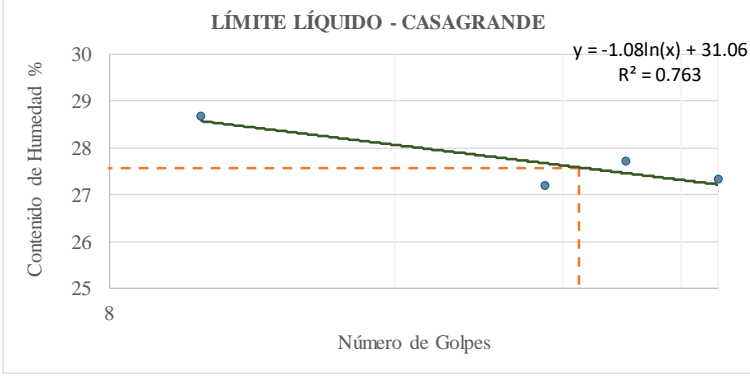
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXII. Límites de Atterberg – Pozo 3.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: San Antonio de Pasa Fecha: 15/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 3 Coordenadas: 17M, 752063; 9858559 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
13	F5	50.97	58.36	56.47	34.36	34.08
	R5	61.96	68.65	66.96	33.80	
18	C6	63.34	70.13	68.44	33.14	33.12
	D2	58.85	64.84	63.35	33.11	
26	D5	44.27	52.96	50.87	31.67	32.13
	H1	37.98	45.67	43.78	32.59	
42	D1	65.02	72.11	70.42	31.30	31.35
	6A	42.53	50.02	48.23	31.40	
Límite líquido (%):				32.42		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
1C	4.60	3.81	4.00	31.67	30.60	
2E	4.80	4.01	4.20	31.67		
8D	4.50	3.56	3.77	28.77		
3B	4.40	2.96	3.30	30.91		
5H	4.40	2.71	3.10	30.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		32.42	%			
Límite plástico:		30.60	%			
Índice plástico:		1.82	%			
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



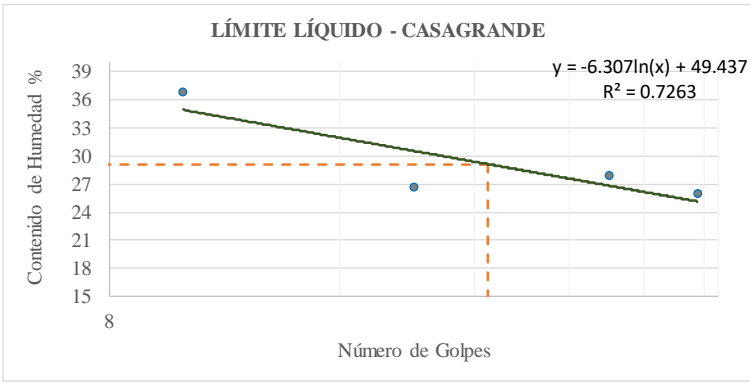
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXIII. Límites de Atterberg – Pozo 4.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Pilahuín Fecha: 15/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 4 Coordenadas: 17M; 752538; 9856160 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.70 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
10	4A	47.10	60.41	57.40	29.22	28.69
	C9	43.13	57.74	54.53	28.16	
35	C5	45.71	55.42	53.31	27.76	27.33
	2R	43.91	52.92	51.01	26.90	
28	D8	46.89	59.90	57.09	27.55	27.72
	6T	45.81	57.32	54.81	27.89	
23	4B	31.65	45.26	42.35	27.20	27.19
	11B	26.97	39.18	36.57	27.19	
Límite líquido (%):				27.58		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
6A	4.30	3.54	3.70	26.67	25.06	
7D	7.70	7.08	7.20	24.00		
1E	7.60	6.73	6.90	24.29		
5A	7.60	6.49	6.70	23.33		
4H	7.40	6.13	6.40	27.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		27.58	%			
Límite plástico:		25.06	%			
Índice plástico:		2.53	%			
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



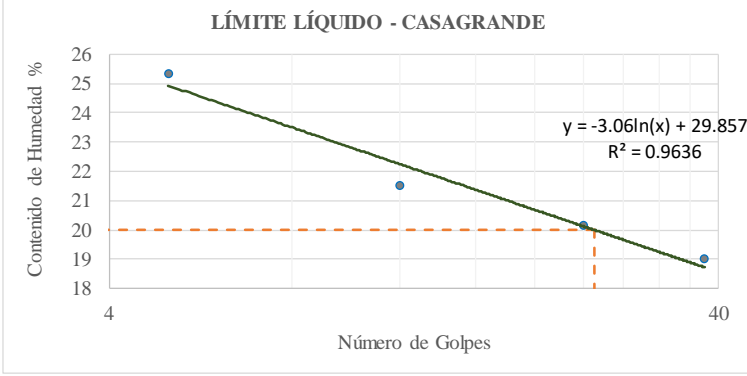
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXIV. Límites de Atterberg – Pozo 5.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 5					
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 756518; 9855783					
Sector: Juan Benigno Vela	Tipo: Subrasante					
Fecha: 15/nov/2020	Profundidad: 0.80 m					
Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)						
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
47	R4	42.85	54.74	52.25	26.49	26.04
	D1	44.77	58.46	55.67	25.60	
10	D5	65.63	80.22	77.03	27.98	36.90
	H2	43.28	57.57	53.08	45.82	
36	B8	42.12	56.31	53.22	27.84	27.88
	P4	49.66	63.86	60.76	27.93	
20	M1	93.60	107.99	105.00	26.23	26.62
	M3	94.20	107.79	104.90	27.01	
Límite líquido (%):				29.14		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
2B	7.20	6.19	6.40	26.25	25.32	
3F	7.20	5.97	6.23	26.80		
8C	7.30	5.95	6.20	22.73		
6G	7.10	5.59	5.90	25.83		
5G	4.10	3.10	3.30	25.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		29.14		%		
Límite plástico:		25.32		%		
Índice plástico:		3.81		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



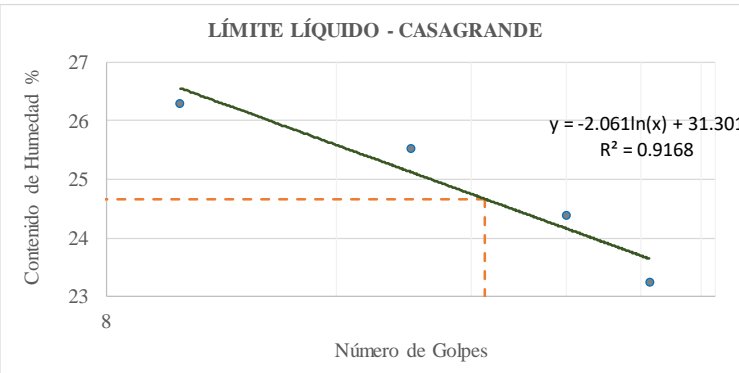
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXV. Límites de Atterberg – Pozo 6.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Santa Rosa Fecha: 15/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 6 Coordenadas: 17M, 760332; 9858254 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
5	D7	41.06	59.47	55.86	24.39	25.35
	2R	43.07	58.48	55.27	26.31	
12	M2	43.06	58.37	55.66	21.51	21.51
	R4	42.63	57.94	55.23	21.51	
24	B8	41.88	61.89	58.58	19.82	20.15
	F4	52.99	70.70	67.69	20.48	
38	C5	45.40	60.81	58.30	19.46	19.03
	D1	44.39	57.20	55.19	18.61	
Límite líquido (%):				20.01		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
7C	4.30	2.49	2.80	20.67	18.95	
2F	4.40	2.49	2.80	19.38		
1B	4.40	2.39	2.70	18.24		
3H	4.10	2.09	2.40	18.24		
4A	4.20	2.19	2.50	18.24		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		20.01		%		
Límite plástico:		18.95		%		
Índice plástico:		1.06		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



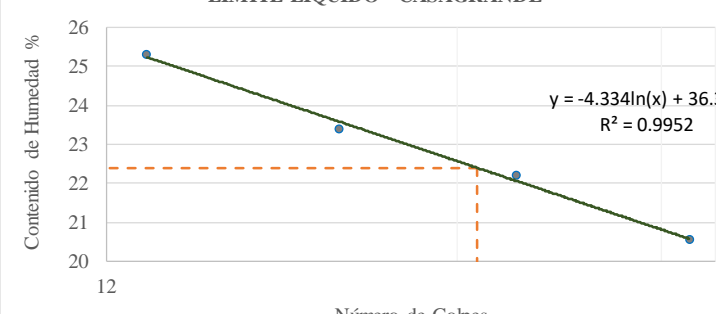
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXVI. Límites de Atterberg – Pozo 7.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 7					
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 764560; 9866162					
Sector: Augusto N. Martínez	Tipo: Subrasante					
Fecha: 15/nov/2020	Profundidad: 0.80 m					
Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)						
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
10	C-8	42.50	58.19	54.90	26.53	26.31
	R5	43.12	62.41	58.42	26.08	
20	P5	39.50	55.19	52.00	25.52	25.54
	6T	45.80	60.49	57.50	25.56	
32	6A	38.29	47.78	45.89	24.87	24.40
	H1	43.02	52.81	50.92	23.92	
41	2F	49.69	59.08	57.29	23.55	23.25
	4A	46.93	56.52	54.73	22.95	
Límite líquido (%):				24.67		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
8E	4.50	3.41	3.60	21.11	23.42	
6D	4.50	3.31	3.60	32.22		
7E	7.40	6.01	6.20	15.83		
5D	7.70	6.71	6.90	23.75		
3A	7.60	6.11	6.40	24.17		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		24.67	%			
Límite plástico:		23.42	%			
Índice plástico:		1.25	%			
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



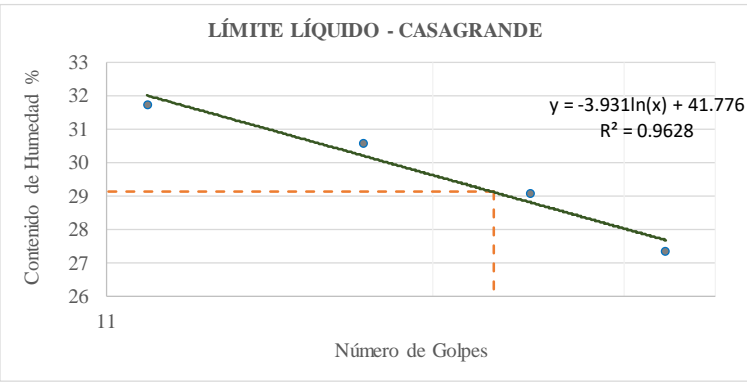
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXVII. Límites de Atterberg – Pozo 8.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Constantino Fernández Fecha: 16/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 8 Coordenadas: 17M, 762483; 9866941 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.85 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
13	D5	65.59	79.90	76.99	25.53	25.31
	C9	42.98	57.49	54.58	25.09	
19	F5	54.01	65.22	63.11	23.19	23.41
	D8	46.86	59.47	57.06	23.63	
27	C6	63.88	78.19	75.58	22.31	22.20
	P4	56.64	68.85	66.64	22.10	
38	M1	93.85	105.76	103.75	20.30	20.55
	F3	54.90	65.41	63.60	20.80	
Límite líquido (%):				22.40		
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
4G	7.20	5.39	5.60	13.12	20.69	
2H	7.30	6.09	6.30	21.00		
1F	7.10	6.19	6.40	30.00		
6C	7.20	6.49	6.60	18.33		
8B	7.20	5.99	6.20	21.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		22.40		%		
Límite plástico:		20.69		%		
Índice plástico:		1.71		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:			REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla			



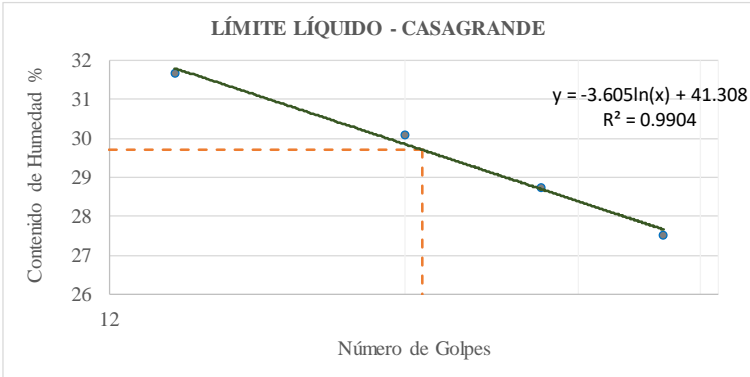
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXVIII. Límites de Atterberg – Pozo 9.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 9					
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 762193; 9863397					
Sector: San Bartolomé de Pinlo	Tipo: Subrasante					
Fecha: 16/nov/2020	Profundidad: 0.95 m					
Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)						
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
12	D5	65.55	89.34	83.65	31.44	31.72
	F4	52.97	77.26	71.37	32.01	
19	D8	46.92	72.41	66.42	30.72	30.57
	C8	42.56	66.95	61.26	30.43	
27	F3	54.97	81.36	75.37	29.36	29.07
	H1	43.02	71.61	65.22	28.78	
36	P5	39.72	56.81	53.12	27.54	27.34
	4A	47.23	67.32	63.03	27.15	
Límite líquido (%):				29.12		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
7B	7.40	6.71	6.90	38.00	26.33	
5C	7.40	6.41	6.60	23.75		
8F	7.20	6.01	6.20	19.00		
1H	7.30	6.41	6.60	27.14		
3G	7.40	6.41	6.60	23.75		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		29.12	%			
Límite plástico:		26.33	%			
Índice plástico:		2.79	%			
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



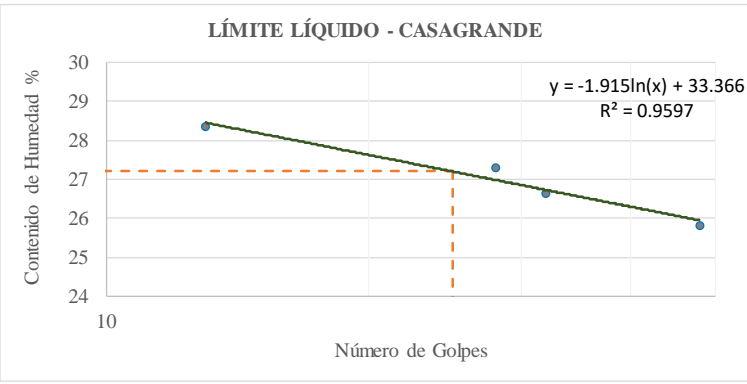
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA LXXXIX. Límites de Atterberg – Pozo 10.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Ambatillo Fecha: 16/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 10 Coordenadas: 17M, 760124; 9862802 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.70 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
14	C2	42.93	51.74	49.63	31.49	31.66
	D5	65.58	73.49	71.58	31.83	
24	P4	48.68	56.09	54.38	30.00	30.08
	F5	53.73	61.54	59.73	30.17	
33	6T	45.48	53.19	51.48	28.50	28.74
	D7	45.94	53.55	51.84	28.98	
44	C5	45.26	54.47	52.46	27.92	27.53
	2F	48.18	56.19	54.48	27.14	
Límite líquido (%):				29.70		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
2A	4.20	2.99	3.20	21.00	21.02	
4D	4.40	3.79	3.90	22.00		
6E	4.20	2.89	3.10	19.09		
7F	4.30	3.09	3.30	21.00		
2G	4.40	3.79	3.90	22.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		29.70		%		
Límite plástico:		21.02		%		
Índice plástico:		8.69		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SC				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



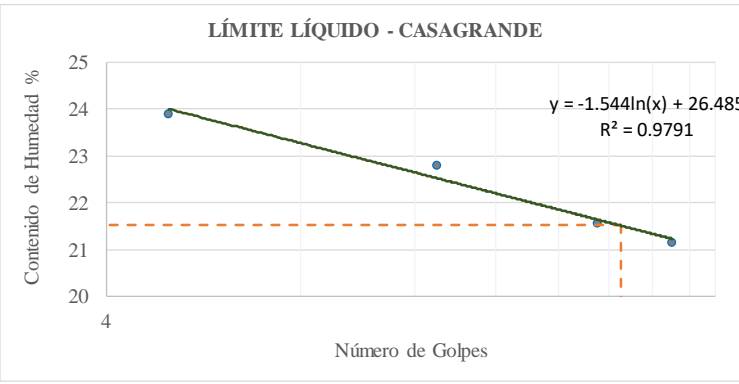
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XC. Límites de Atterberg – Pozo 11.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Quisapincha Fecha: 16/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 11 Coordenadas: 17M, 758732; 9861791 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.95 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
13	R4	42.82	53.21	50.92	28.27	28.35
	H1	42.97	51.96	49.97	28.43	
28	4A	46.88	61.77	58.58	27.26	27.31
	D1	44.55	58.94	55.85	27.35	
32	6A	38.20	47.99	45.90	27.14	26.63
	B8	41.72	51.81	49.72	26.13	
48	D8	46.66	56.05	54.16	25.20	25.83
	C7	41.69	51.68	49.59	26.46	
Límite líquido (%):				27.20		
<p style="text-align: center;">LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</p> 						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
1A	4.40	3.91	4.00	22.50	21.42	
4C	4.50	3.89	4.01	24.49		
6B	4.60	4.00	4.10	20.00		
5E	4.80	3.71	3.90	21.11		
3D	4.20	3.01	3.20	19.00		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Limite liquido:		27.20	%			
Limite plástico:		21.42	%			
Índice plástico:		5.78	%			
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM, SC				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



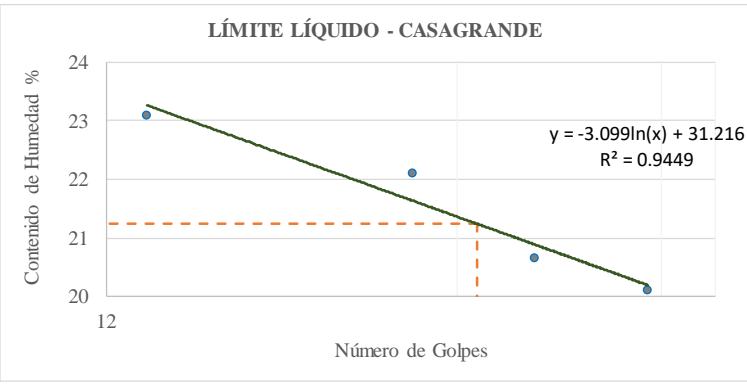
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCI. Límites de Atterberg – Pozo 12.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Huachi Grande Fecha: 16/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 12 Coordenadas: 17M, 763322; 9855294 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
5	6T	45.81	64.02	60.51	23.88	23.89
	F5	53.99	75.30	71.19	23.90	
13	H1	43.03	56.74	54.23	22.41	22.79
	R4	42.88	55.69	53.28	23.17	
23	D1	44.50	61.41	58.40	21.65	21.57
	P4	48.95	69.36	65.75	21.49	
30	6A	38.27	56.78	53.57	20.98	21.15
	2F	48.46	62.17	59.76	21.33	
Límite líquido (%):				21.52		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
8H	4.10	2.69	2.90	17.50	18.44	
7H	7.60	6.29	6.50	19.09		
2D	7.60	6.65	6.80	18.75		
4E	7.10	5.19	5.50	19.38		
5B	7.30	5.89	6.10	17.50		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		21.52		%		
Límite plástico:		18.44		%		
Índice plástico:		3.07		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



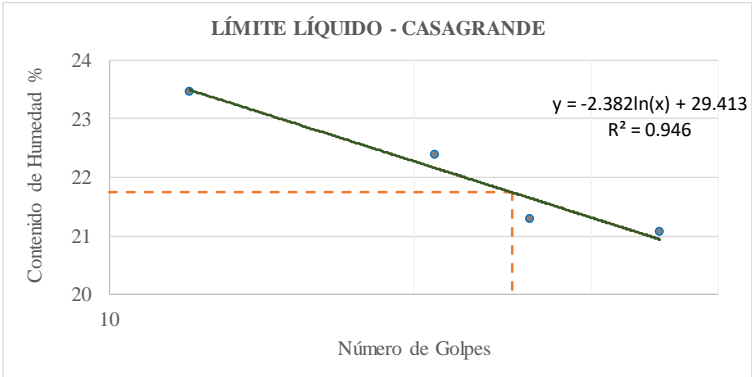
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCII. Límites de Atterberg – Pozo 13.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Picaihua Fecha: 16/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 13 Coordenadas: 17M, 770459; 9860157 Tipo: Subrasante Profundidad: 1.00 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
13	F5	54.29	64.38	62.49	23.05	23.09
	M1	93.60	104.19	102.20	23.14	
22	P4	49.45	59.84	57.95	22.24	22.11
	C6	41.73	52.22	50.33	21.98	
28	C9	42.98	53.77	51.88	21.24	20.67
	6A	38.20	48.89	47.10	20.11	
35	3T	29.04	39.53	37.74	20.57	20.11
	11B	26.31	36.60	34.91	19.65	
Límite líquido (%):				21.24		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
7A	7.40	6.21	6.40	19.00	18.22	
6H	7.40	6.21	6.40	19.00		
4B	7.20	5.91	6.10	17.27		
1D	7.30	6.36	6.50	17.50		
3E	7.40	6.69	6.80	18.33		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		21.24		%		
Límite plástico:		18.22		%		
Índice plástico:		3.02		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



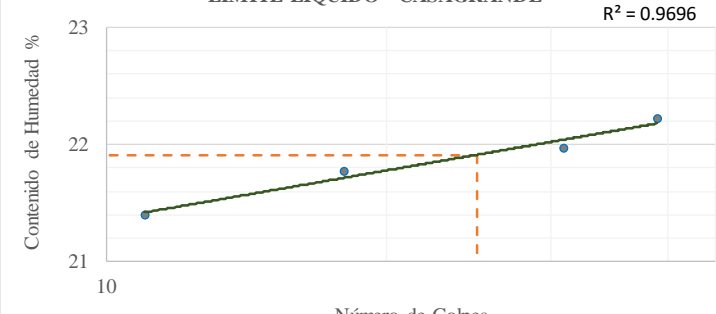
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCIII. Límites de Atterberg – Pozo 14.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 						
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 14					
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 771251; 9865306					
Sector: Izamba	Tipo: Subrasante					
Fecha: 16/nov/2020	Profundidad: 1.00 m					
Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)						
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
12	C9	42.94	54.05	51.94	23.44	23.48
	D8	46.83	58.44	56.23	23.51	
21	C5	45.66	56.67	54.66	22.33	22.40
	C6	41.77	52.18	50.27	22.47	
26	R5	43.12	54.43	52.42	21.61	21.30
	P5	39.52	50.53	48.62	20.99	
35	F3	54.95	66.46	64.45	21.16	21.07
	F4	52.98	63.99	62.08	20.99	
Límite líquido (%):				21.75		
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
2C	4.20	2.39	2.70	20.67	20.02	
5F	4.40	2.25	2.60	19.44		
8G	4.20	2.29	2.60	19.38		
7G	4.10	1.84	2.20	18.95		
4F	4.20	2.01	2.40	21.67		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Límite líquido:		21.75		%		
Límite plástico:		20.02		%		
Índice plástico:		1.73		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:				REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca				Ing. Favio Portilla		



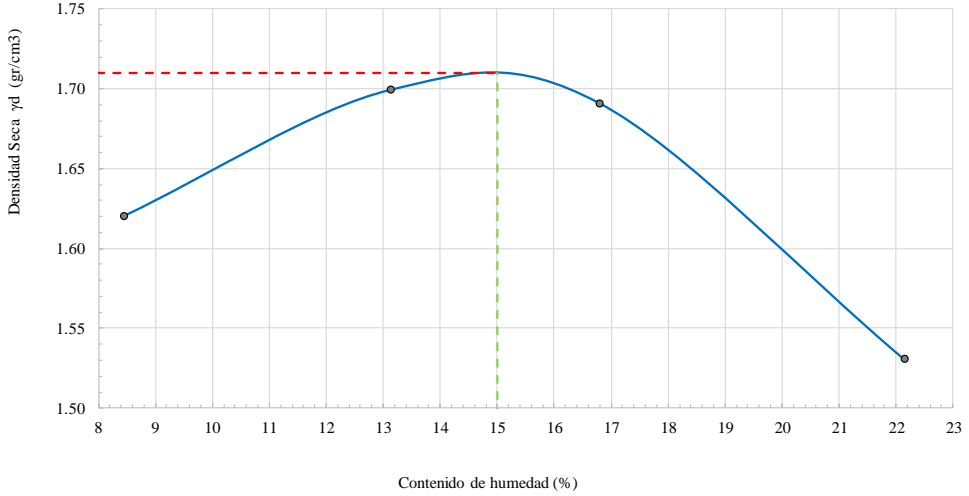
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCIV. Límites de Atterberg – Pozo 15.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN				
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.						
Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Sector: Atahualpa Fecha: 16/nov/2020 Norma: AASHTO T 89 (2013) AASHTO T 90 (2016)	Número de muestra: 15 Coordenadas: 17M, 766169; 9866574 Tipo: Subrasante Profundidad: 0.90 m					
LÍMITES DE ATTERBERG						
LÍMITE LÍQUIDO						
# Golpes	# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W _{PROM}
11	C5	45.86	59.85	57.36	21.65	21.40
	4A	47.15	67.14	63.65	21.15	
18	2R	43.28	52.77	51.08	21.67	21.77
	D8	46.95	58.04	56.05	21.87	
39	R5	43.16	51.45	49.96	21.91	22.22
	C6	41.80	50.99	49.30	22.53	
31	C7	41.86	51.75	49.96	22.10	21.96
	M2	98.16	108.15	106.36	21.83	
Límite líquido (%):				21.91		
LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE $y = 0.6003\ln(x) + 19.98$ $R^2 = 0.9696$						
						
LÍMITE PLÁSTICO						
# Recipiente	W _{REC.} (gr)	W _{HÚM.} (gr)	W _{SECO} (gr)	% w	% W Prom	
1C	4.60	2.31	2.70	20.53	20.83	
2E	4.80	2.51	2.90	20.53		
8D	4.50	2.31	2.70	21.67		
3B	4.40	2.71	3.00	20.71		
5H	4.40	2.71	3.00	20.71		
LÍMITES DE ATTERBERG						
Limite liquido:		21.91		%		
Limite plástico:		20.83		%		
Índice plástico:		1.08		%		
CLASIFICACIÓN DE SUELO ANALIZADO						
SISTEMA	AASHTO	SM				
	SUCS	A-2-4				
REALIZÓ:			REVISÓ:			
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla			



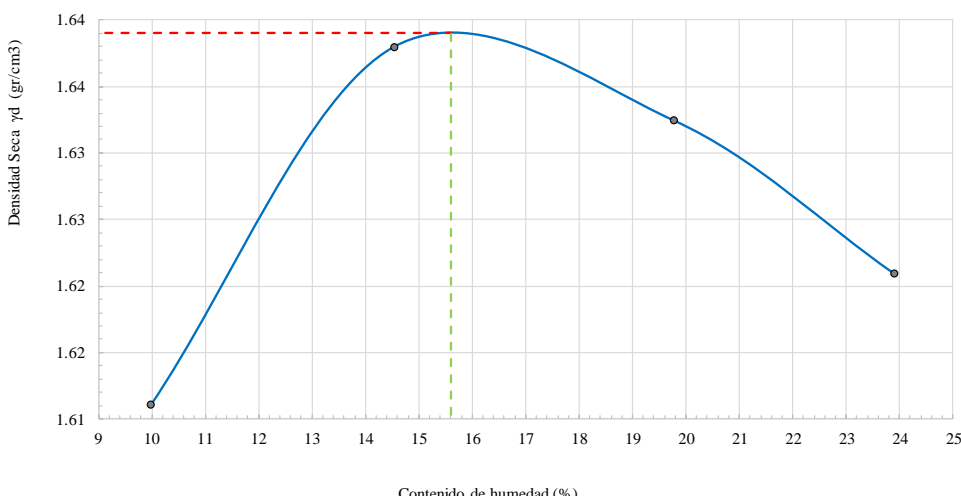
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCV. Proctor modificado – Pozo 1.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	1
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 767080; 9854168
Sector:	Totoras	Tipo:	Subrasante
Fecha:	04/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9125.0	9472.6	9583.0
P. suelo húmedo Wm (gr)	3698.6	4046.2	4156.6
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.757	1.922	1.975
			1.869
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	C-8	D-8	R-4
	6-A	D-1	D-7
	H-1	C-6	
P. del recipiente (Wrec)	42.52	46.89	42.87
	38.30	44.63	46.25
	42.92	41.74	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	209.04	220.08	196.13
	197.98	223.39	224.32
	304.48	253.44	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	196.24	206.40	178.78
	178.98	198.42	198.01
	256.09	215.83	
Peso sólidos (Ws)	153.72	159.51	135.91
	140.68	153.79	151.76
	213.17	174.09	
Peso del agua (Ww)	12.80	13.68	17.35
	19.00	24.97	26.31
	48.39	37.61	
Cont. Humedad (w%)	8.33	8.58	12.77
	13.51	16.24	17.34
	22.70	21.60	
Cont. Humedad promedio (w%)	8.45		13.14
			16.79
			22.15
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.620	1.699	1.691
			1.530
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	15.00		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.710		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.71 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



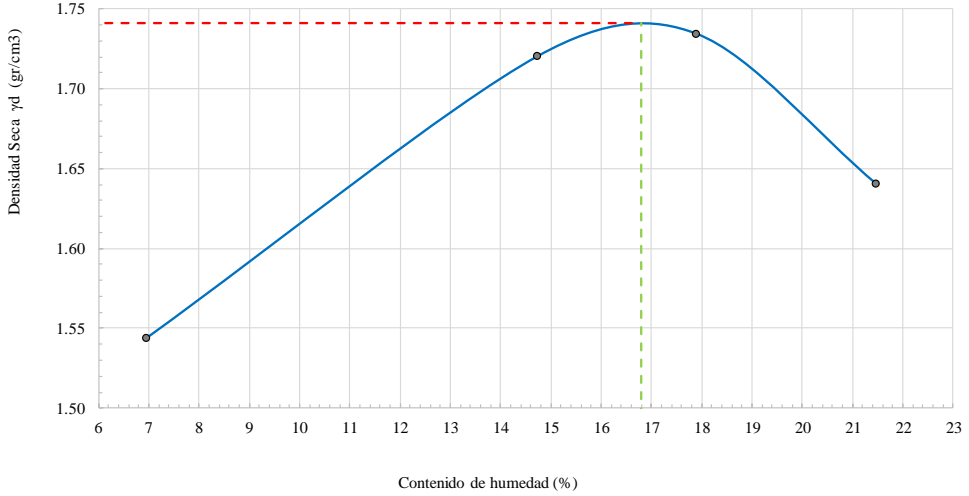
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCVI. Proctor modificado – Pozo 2.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	2
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 765860; 9853353
Sector:	Montalvo	Tipo:	Subrasante
Fecha:	04/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9156.2	9375.6	9542.0
P. suelo húmedo Wm (gr)	3729.8	3949.2	4115.6
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.772	1.876	1.955
			2.008
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	F3	P4	C7
	F4	M1	M2
	2F	M3	
P. del recipiente (Wrec)	54.94	49.16	41.98
	53.09	93.76	93.98
	47.73	277.88	282.02
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	229.36	236.29	178.43
	223.38	220.93	195.45
	226.23	180.63	226.23
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	213.28	219.56	161.44
	201.34	197.62	180.63
	226.23	178.50	157.82
Peso sólidos (Ws)	158.34	170.40	119.46
	148.25	103.86	86.65
	178.50	51.65	29.79
Peso del agua (Ww)	16.08	16.73	16.99
	22.04	23.31	14.82
	28.94	17.10	28.94
Cont. Humedad (w%)	10.16	9.82	14.22
	14.87	22.44	17.10
	28.94	17.10	18.88
Cont. Humedad promedio (w%)	9.99		14.54
			19.77
			23.91
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.611		1.638
			1.632
			1.621
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		15.60	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.639	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.639 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15.6 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



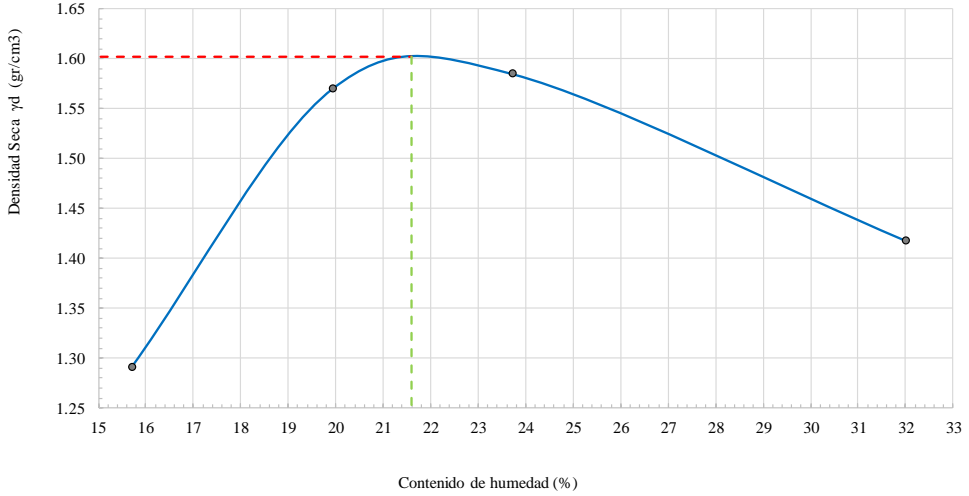
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCVII. Proctor modificado – Pozo 3.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	3
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 752063; 9858559
Sector:	San Antonio de Pasa	Tipo:	Subrasante
Fecha:	07/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	8903.0	9581.4	9730.2
P. suelo húmedo Wm (gr)	3476.6	4155	4303.8
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.652	1.974	2.045
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	F5	R5	C6
	D2	D5	H1
	D1	6A	
P. del recipiente (Wrec)	50.97	61.96	63.34
	58.85	44.27	37.98
	65.02	42.53	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	206.03	182.28	191.73
	196.80	162.10	164.02
	283.32	242.95	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	197.25	173.44	175.00
	179.34	143.98	145.16
	245.15	207.14	
Peso sólidos (Ws)	146.28	111.48	111.66
	120.49	99.71	107.18
	180.13	164.61	
Peso del agua (Ww)	8.78	8.84	16.73
	17.46	18.12	18.86
	38.17	35.81	
Cont. Humedad (w%)	6.00	7.93	14.98
	14.49	18.17	17.60
	21.19	21.75	
Cont. Humedad promedio (w%)	6.97		14.74
			17.88
			21.47
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.544		1.720
			1.734
			1.640
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		16.80	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.741	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.741 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16.8 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



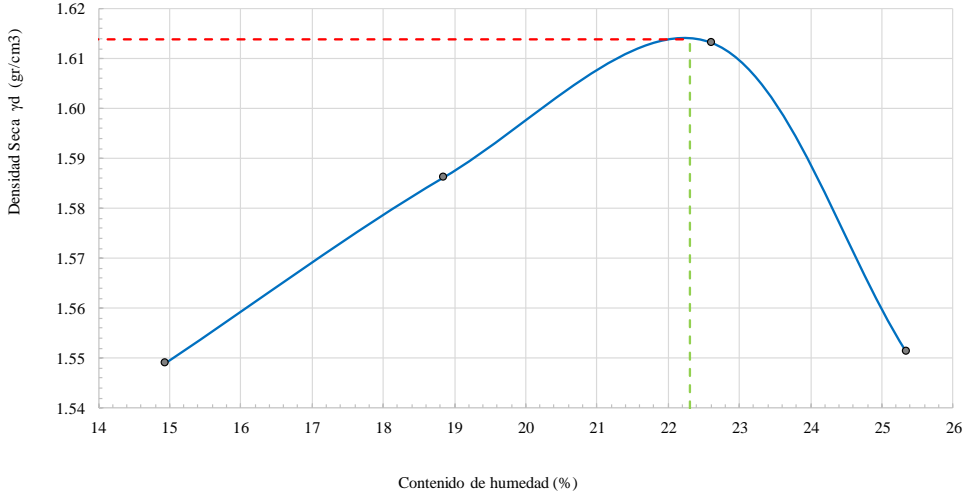
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCVIII. Proctor modificado – Pozo 4.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	4
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M; 752538; 9856160
Sector:	Pilahuín	Tipo:	Subrasante
Fecha:	07/sep/2020	Profundidad:	0.70 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	8571.4	9391.2	9553.8
P. suelo húmedo Wm (gr)	3145	3964.8	4127.4
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.494	1.884	1.961
			1.871
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	4A	C9	C5
	2R	D8	6T
	4B	11B	
P. del recipiente (Wrec)	47.10	43.13	45.71
	43.91	46.89	45.81
	31.65	31.65	26.97
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	149.28	159.13	160.92
	168.23	132.28	158.25
	141.73	147.38	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	135.60	143.16	142.19
	147.10	116.37	136.06
	114.20	119.12	
Peso sólidos (Ws)	88.50	100.03	96.48
	103.19	69.48	90.25
	82.55	92.15	
Peso del agua (Ww)	13.68	15.97	18.73
	21.13	15.91	22.19
	27.53	28.26	
Cont. Humedad (w%)	15.46	15.97	19.41
	20.48	22.90	24.59
	33.35	30.67	
Cont. Humedad promedio (w%)	15.71		19.95
			23.74
			32.01
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.291	1.570	1.585
			1.417
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	21.60		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.602		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.602 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 21.6 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



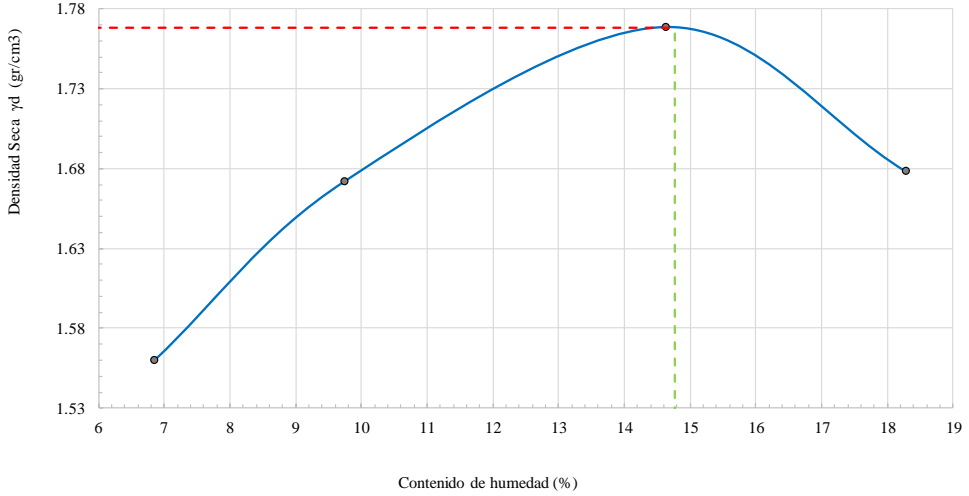
. Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA XCIX. Proctor modificado – Pozo 5.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	5
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 756518; 9855783
Sector:	Juan Benigno Vela	Tipo:	Subrasante
Fecha:	02/sep/2020	Profundidad:	0.80 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9174.2	9394.4	9589.8
P. suelo húmedo Wm (gr)	3747.8	3968	4163.4
P. unitario húmedo γ _m (gr/cm ³)	1.780	1.885	1.978
			1.945
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	R4	D1	D5
	H2	B8	P4
	M1	M3	
P. del recipiente (Wrec)	42.85	44.77	65.63
	43.28	42.12	49.66
	93.60	94.20	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	193.08	167.09	249.25
	184.19	218.36	284.90
	281.99	342.34	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	173.56	151.19	220.32
	161.71	186.02	241.32
	243.65	292.51	
Peso sólidos (Ws)	130.71	106.42	154.69
	118.43	143.90	191.66
	150.05	198.31	
Peso del agua (Ww)	19.52	15.90	28.93
	22.48	32.34	43.58
	38.34	49.83	
Cont. Humedad (w%)	14.93	14.94	18.70
	18.98	22.47	22.74
	25.55	25.13	
Cont. Humedad promedio (w%)	14.94		18.84
			22.61
			25.34
Densidad Seca γ _d (gr/cm ³)	1.549	1.586	1.613
			1.552
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		22.30	
Densidad Seca Máxima γ _d (gr/cm ³) :		1.614	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.614 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 22.3 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



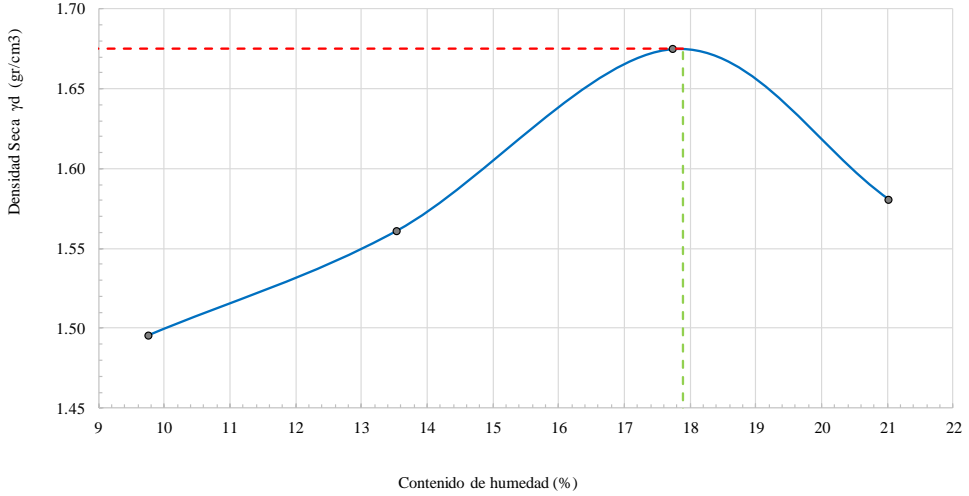
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA C. Proctor modificado – Pozo 6.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	6
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 760332; 9858254
Sector:	Santa Rosa	Tipo:	Subrasante
Fecha:	08/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	8936.2	9289.4	9693.6
P. suelo húmedo Wm (gr)	3509.8	3863	4267.2
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.667	1.835	2.027
			1.985
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	D7	2R	M2
	R4	B8	F4
	C5	D1	
P. del recipiente (Wrec)	41.06	43.07	43.06
	42.63	41.88	52.99
	45.40	44.39	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	135.82	145.61	113.48
	128.27	163.56	194.03
	158.77	271.02	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	129.98	138.76	107.41
	120.43	148.21	175.81
	141.32	235.83	
Peso sólidos (Ws)	88.92	95.69	64.35
	77.80	106.33	122.82
	95.92	191.44	
Peso del agua (Ww)	5.84	6.85	6.07
	7.84	15.35	18.22
	17.45	35.19	
Cont. Humedad (w%)	6.57	7.16	9.43
	10.08	14.44	14.83
	18.19	18.38	
Cont. Humedad promedio (w%)	6.86		9.75
			14.64
			18.29
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.560	1.672	1.768
			1.678
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	14.77		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.768		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.768 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14.77 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



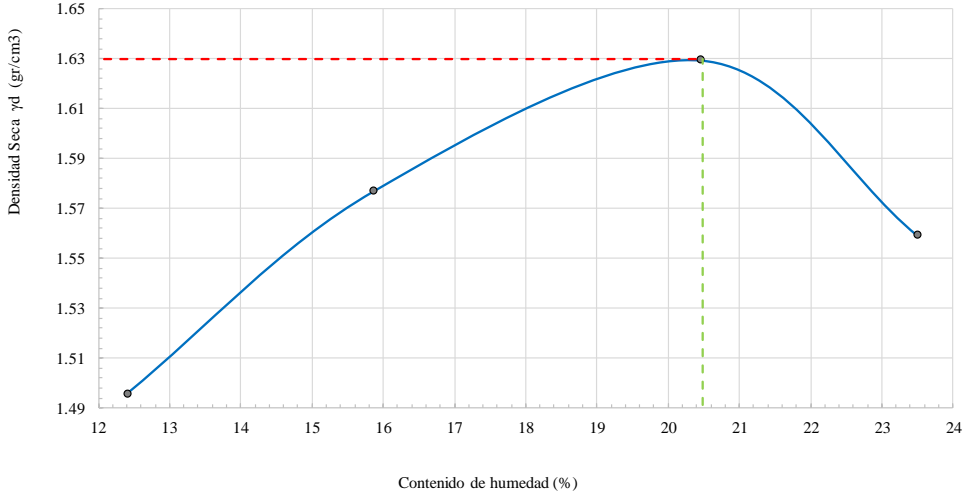
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CI. Proctor modificado – Pozo 7.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	7
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 764560; 9866162
Sector:	Augusto N. Martínez	Tipo:	Subrasante
Fecha:	08/sep/2020	Profundidad:	0.80 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	8881.2	9157.2	9576.6
P. suelo húmedo Wm (gr)	3454.8	3730.8	4150.2
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.641	1.772	1.972
			1.912
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	C-8	R5	P5
	6T	6A	H1
	2F	4A	
P. del recipiente (Wrec)	42.50	43.12	39.50
	45.80	38.29	43.02
	49.69	46.93	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	176.28	204.19	198.86
	156.31	150.78	161.26
	234.57	206.69	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	164.74	189.44	179.94
	143.06	134.01	143.24
	200.96	180.24	
Peso sólidos (Ws)	122.24	146.32	140.44
	97.26	95.72	100.22
	151.27	133.31	
Peso del agua (Ww)	11.54	14.75	18.92
	13.25	16.77	18.02
	33.61	26.45	
Cont. Humedad (w%)	9.44	10.08	13.47
	13.62	17.52	17.98
	22.22	19.84	
Cont. Humedad promedio (w%)	9.76		13.55
			17.75
			21.03
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.495	1.561	1.674
			1.580
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	17.90		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.675		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.675 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 17.9 %.			
REALIZÓ:	REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca	Ing. Favio Portilla		



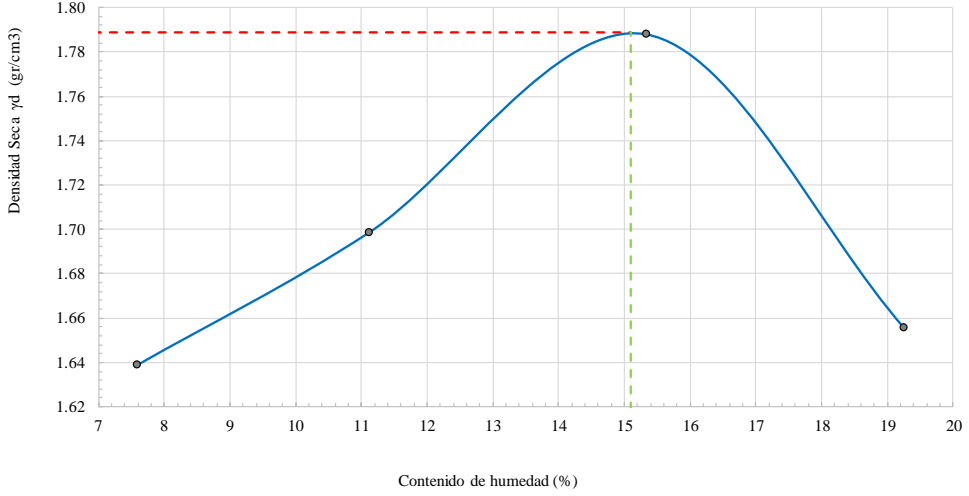
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CII. Proctor modificado – Pozo 8.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	8
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 762483; 9866941
Sector:	Constantino Fernández	Tipo:	Subrasante
Fecha:	08/sep/2020	Profundidad:	0.85 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	8966.0	9272.2	9558.0
P. suelo húmedo Wm (gr)	3539.6	3845.8	4131.6
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.682	1.827	1.963
			1.926
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	D5	C9	F5
	D8	C6	P4
	M1	F3	
P. del recipiente (Wrec)	65.59	42.98	54.01
	46.86	63.88	56.64
	93.85	264.76	287.99
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	185.92	122.29	155.71
	142.68	186.57	176.83
	232.21	243.68	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	172.76	113.45	141.72
	129.62	165.41	156.73
	232.21	243.68	
Peso sólidos (Ws)	107.17	70.47	87.71
	82.76	101.53	100.09
	138.36	188.78	
Peso del agua (Ww)	13.16	8.84	13.99
	13.06	21.16	20.10
	32.55	44.31	
Cont. Humedad (w%)	12.28	12.54	15.95
	15.78	20.84	20.08
	23.53	23.47	
Cont. Humedad promedio (w%)	12.41		15.87
			20.46
			23.50
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.496	1.577	1.629
			1.559
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		20.48	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.630	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.63 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 20.48 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



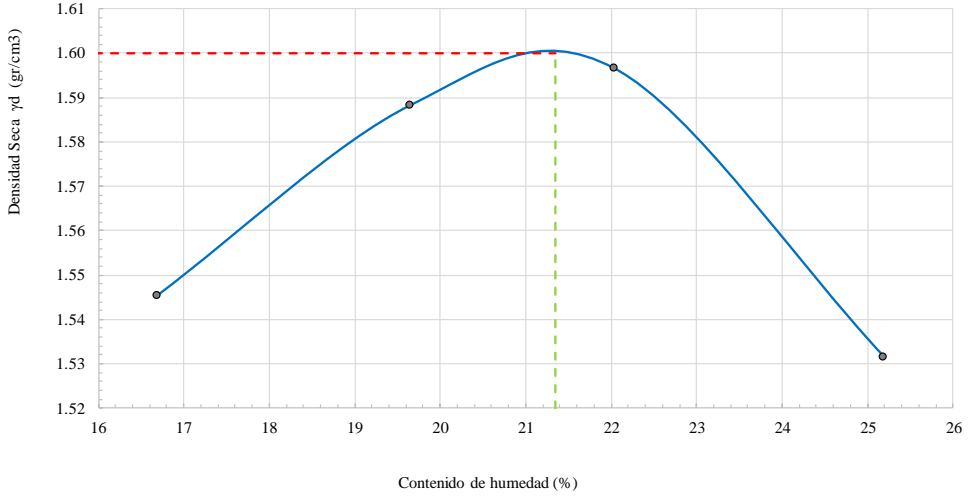
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CIII. Proctor modificado – Pozo 9.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	9
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 762193; 9863397
Sector:	San Bartolomé de Pinlo	Tipo:	Subrasante
Fecha:	03/sep/2020	Profundidad:	0.95 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9120.1	9381.0	9748.0
P. suelo húmedo Wm (gr)	3693.66	3954.6	4321.6
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.755	1.879	2.053
			1.966
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	D5	F4	D8
	C8	F3	H1
	P5	4A	
P. del recipiente (Wrec)	65.55	52.97	46.92
	42.56	54.97	43.02
	39.72	272.88	284.09
	211.82	186.93	218.82
	206.96	225.33	216.28
	229.09	259.48	268.45
	173.45	195.64	187.37
	201.74	188.20	200.57
	193.93	215.48	126.53
	153.08	132.40	158.72
	148.48	148.48	153.34
	13.40	15.64	13.48
	16.18	19.59	23.59
	28.08	28.08	28.52
	6.91	7.26	10.65
	10.57	14.80	14.86
	18.91	18.91	18.60
	7.08	10.61	14.83
	18.76	18.76	18.76
	1.639	1.699	1.788
	1.655	1.655	1.655
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	14.60		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.789		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.789 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14.6 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



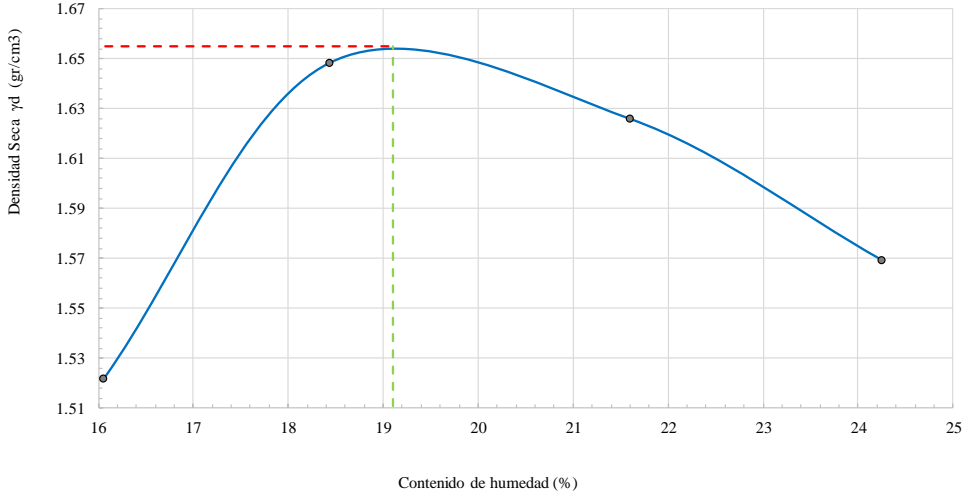
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CIV. Proctor modificado – Pozo 10.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	10
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 760124; 9862802
Sector:	Ambatillo	Tipo:	Subrasante
Fecha:	09/sep/2020	Profundidad:	0.70 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9222.4	9426.8	9527.8
P. suelo húmedo Wm (gr)	3796	4000.4	4101.4
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.803	1.900	1.948
			1.917
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	C2	D5	P4
	F5	6T	D7
	C5		2F
P. del recipiente (Wrec)	42.93	65.58	48.68
	53.73	45.48	45.94
	45.26	48.18	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	181.00	202.63	160.89
	163.25	154.23	149.03
	158.09	161.53	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	161.40	182.88	142.66
	145.07	134.62	130.39
	135.36	138.76	
Peso sólidos (Ws)	118.47	117.30	93.98
	91.34	89.14	84.45
	90.10	90.58	
Peso del agua (Ww)	19.60	19.75	18.23
	18.18	19.61	18.64
	22.73	22.77	
Cont. Humedad (w%)	16.54	16.84	19.40
	19.90	22.00	22.07
	25.23	25.14	
Cont. Humedad promedio (w%)	16.69		19.65
			22.04
			25.18
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.545		1.588
			1.597
			1.532
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		21.35	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.600	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.6 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 21.35 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



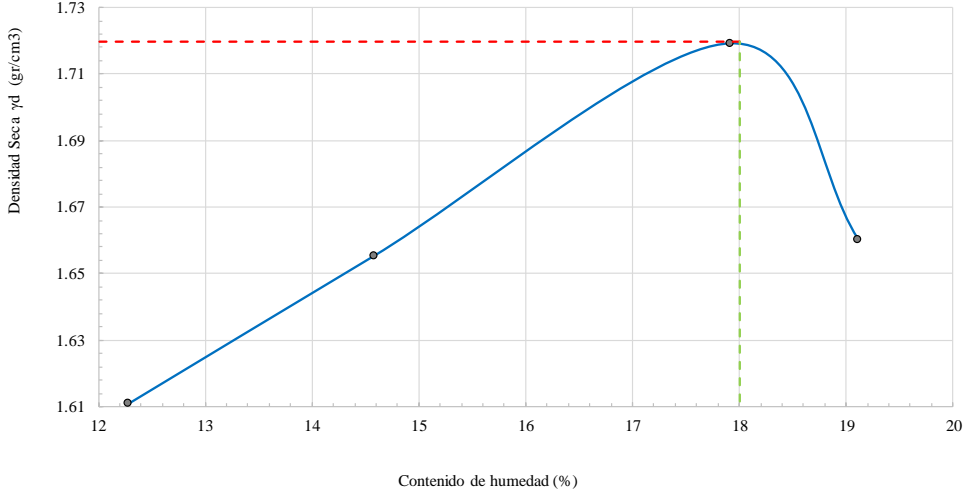
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CV. Proctor modificado – Pozo 11.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	11
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 758732; 9861791
Sector:	Quisapincha	Tipo:	Subrasante
Fecha:	09/sep/2020	Profundidad:	0.95 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9144.0	9536.0	9588.2
P. suelo húmedo Wm (gr)	3717.6	4109.6	4161.8
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.766	1.952	1.977
			1.950
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	R4	H1	4A
	D1	6A	B8
	D8	C7	
P. del recipiente (Wrec)	42.82	42.97	46.88
	44.55	38.20	41.72
	46.66	41.69	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	139.75	140.45	103.29
	124.50	160.30	159.10
	169.70	180.18	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	126.39	126.91	94.62
	111.90	138.68	138.19
	145.42	153.46	
Peso sólidos (Ws)	83.57	83.94	47.74
	67.35	100.48	96.47
	98.76	111.77	
Peso del agua (Ww)	13.36	13.54	8.67
	12.60	21.62	20.91
	24.28	26.72	
Cont. Humedad (w%)	15.99	16.13	18.16
	18.71	21.52	21.68
	24.58	23.91	
Cont. Humedad promedio (w%)	16.06		18.43
			21.60
			24.25
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.522	1.648	1.626
			1.569
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	19.10		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.655		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.655 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 19.1 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



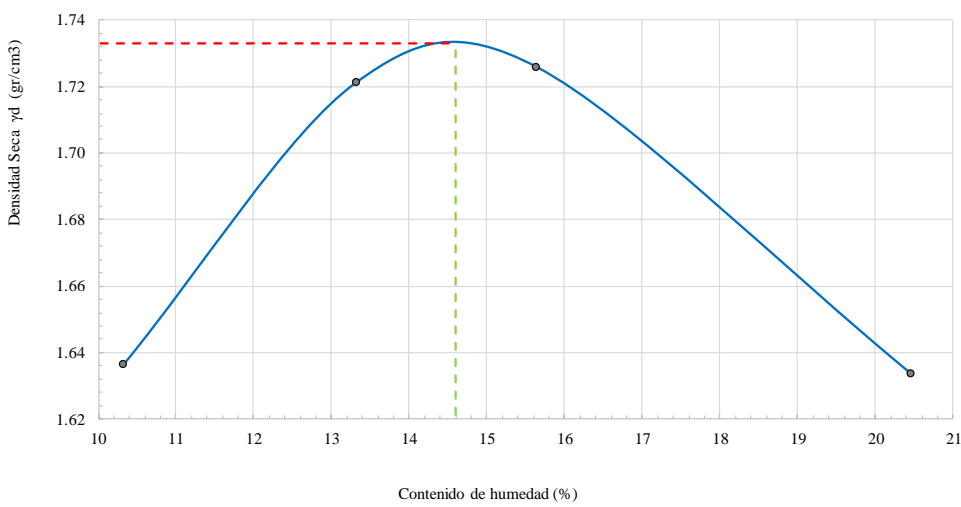
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CVI. Proctor modificado – Pozo 12.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	12
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 763322; 9855294
Sector:	Huachi Grande	Tipo:	Subrasante
Fecha:	10/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9233.6	9418.4	9693.0
P. suelo húmedo Wm (gr)	3807.2	3992	4266.6
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.809	1.897	2.027
			1.978
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	6T	F5	H1
	R4	D1	P4
	6A	2F	
P. del recipiente (Wrec)	45.81	53.99	43.03
	42.88	44.50	48.95
	38.27	48.46	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	136.94	203.16	130.77
	142.28	150.35	160.24
	196.83	203.90	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	127.12	186.61	119.57
	129.68	134.73	142.86
	173.47	176.99	
Peso sólidos (Ws)	81.31	132.62	76.54
	86.80	90.23	93.91
	135.20	128.53	
Peso del agua (Ww)	9.82	16.55	11.20
	12.60	15.62	17.38
	23.36	26.91	
Cont. Humedad (w%)	12.08	12.48	14.63
	14.52	17.31	18.51
	17.28	20.94	
Cont. Humedad promedio (w%)	12.28		14.57
			17.91
			19.11
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.611	1.655	1.719
			1.660
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :	18.00		
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :	1.720		
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.7199 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 18 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



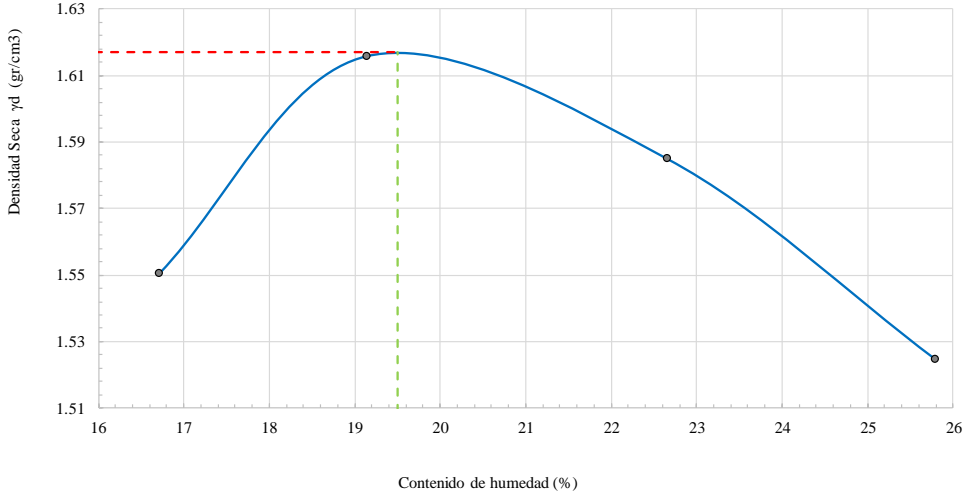
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CVII. Proctor modificado – Pozo 13.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	13
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 770459; 9860157
Sector:	Picañhua	Tipo:	Subrasante
Fecha:	03/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9226.8	9531.6	9627.4
P. suelo húmedo Wm (gr)	3800.4	4105.2	4201
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.805	1.950	1.996
			1.968
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	F5	M1	P4
	C6	C9	6A
	3T	11B	
P. del recipiente (Wrec)	54.29	93.60	49.45
	41.73	42.98	38.30
	29.04	26.31	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	196.36	247.95	187.73
	171.14	158.30	185.62
	166.27	165.04	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	183.15	233.41	172.08
	155.38	142.88	165.47
	142.85	141.60	
Peso sólidos (Ws)	128.86	139.81	122.63
	113.65	99.90	127.17
	113.81	115.29	
Peso del agua (Ww)	13.21	14.54	15.65
	15.76	15.42	20.15
	23.42	23.44	
Cont. Humedad (w%)	10.25	10.40	12.76
	13.87	15.44	15.84
	20.58	20.33	
Cont. Humedad promedio (w%)	10.33		13.31
			15.64
			20.45
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.637	1.721	1.726
			1.634
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		14.60	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.733	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.733 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14.6 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



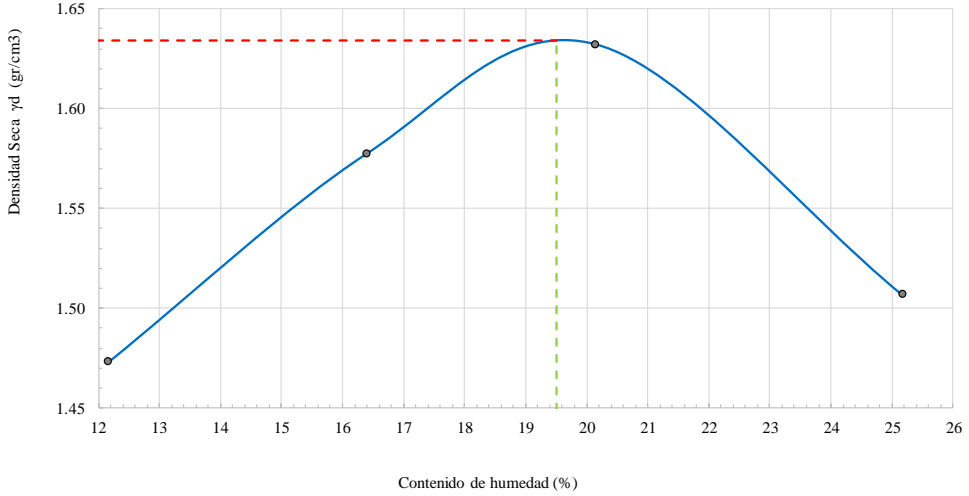
Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CVIII. Proctor modificado – Pozo 14.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.			
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	14
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 771251; 9865306
Sector:	Izamba	Tipo:	Subrasante
Fecha:	10/sep/2020	Profundidad:	1.00 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	9236.0	9478.4	9518.2
P. suelo húmedo Wm (gr)	3809.6	4052	4091.8
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.810	1.925	1.944
			1.918
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	C9	D8	C5
	C6	R5	P5
	F3	F4	
P. del recipiente (Wrec)	42.94	46.83	45.66
	41.77	43.12	39.52
	54.95	52.98	
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	153.47	131.46	143.30
	145.27	148.38	132.10
	207.95	235.39	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	137.63	119.35	127.46
	128.80	129.15	114.82
	176.56	198.00	
Peso sólidos (Ws)	94.69	72.52	81.80
	87.03	86.03	75.30
	121.61	145.02	
Peso del agua (Ww)	15.84	12.11	15.84
	16.47	19.23	17.28
	31.39	37.39	
Cont. Humedad (w%)	16.73	16.70	19.36
	18.92	22.35	22.95
	25.81	25.78	
Cont. Humedad promedio (w%)	16.71		19.14
			22.65
			25.80
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.551		1.616
			1.585
			1.525
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		19.50	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.617	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.617 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 19.5 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CIX. Proctor modificado – Pozo 15.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN			
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.		
Provincia:	Tungurahua	Numero de muestra:	15
Cantón:	Ambato	Coordenadas:	17M, 766169; 9866574
Sector:	Atahualpa	Tipo:	Subrasante
Fecha:	02/sep/2020	Profundidad:	0.90 m
Norma:	AASHTO T 180 (2019)		
ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO			
DATOS			
ESPECIFICACIONES DEL PROCTOR			
Número de Golpes:	56	Altura de Caída (in):	18
Número de Capas:	5	Peso del Martillo (lb):	10
Energía de Compactación (lb*ft/ft ³):	55986	Peso del Molde (gr.):	5426.4
		φ Diámetro interno :	15.2 cm
		h altura :	11.6 cm
		Vol. del Molde:	2104.92 cm ³
Peso Inicial:	5000		5000
			5000
PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
P. molde+Suelo húmedo (gr)	8904.8	9291.2	9554.2
P. suelo húmedo Wm (gr)	3478.4	3864.8	4127.8
P. unitario húmedo γm (gr/cm ³)	1.653	1.836	1.961
			1.886
DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Identificación del recipiente	C5	4A	2R
	D8	R5	C6
	C7	M2	
P. del recipiente (Wrec)	45.86	47.15	43.28
	46.95	43.16	41.80
	41.80	41.86	98.16
Rec+suelo húmedo (Wrec+Wm)	170.39	177.57	182.55
	223.04	230.04	216.47
	246.27	398.05	
Rec+suelo seco (Ws + Wm)	157.25	163.05	163.23
	197.87	198.62	187.26
	205.40	337.39	
Peso sólidos (Ws)	111.39	115.90	119.95
	150.92	155.46	145.46
	163.54	239.23	
Peso del agua (Ww)	13.14	14.52	19.32
	25.17	31.42	29.21
	40.87	60.66	
Cont. Humedad (w%)	11.80	12.53	16.11
	16.68	20.21	20.08
	24.99	25.35	
Cont. Humedad promedio (w%)	12.16		16.39
			20.15
			25.17
Densidad Seca γd (gr/cm ³)	1.473		1.577
			1.632
			1.507
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
Contenido de Humedad Óptima ω% :		19.50	
Densidad Seca Máxima γd (gr/cm ³) :		1.634	
CURVA DE COMPACTACIÓN			
			
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La máxima densidad seca obtenida de la curva de compactación es de 1.634 gr/cm ³ , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 19.5 %.			
REALIZÓ:		REVISÓ:	
Egdo. Marco Israel Martínez Inca		Ing. Favio Portilla	



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CX. Permeabilidad – Pozo 1.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 					
Proyecto : Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.					
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 1				
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 767080; 9854168				
Sector: Totoras	Tipo: Subrasante				
Fecha: 28/sep/2020	Profundidad: 1.00 m				
Norma: CFE 10000-73 (2015)					
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					
DATOS					
Símbolo	Muestra	N°	1		
Datos de Tubería					
<i>L</i>	Longitud	m	0.950		
<i>D</i>	Diámetro	m	0.1016		
<i>A</i>	Área Transversal del Tubo	m ²	0.0081		
Datos Adquiridos en Campo					
	Ensayo Número		1	2	3
<i>t</i>	Tiempo	<i>s</i>	600		
<i>h2</i>	Pérdida de Carga Hidráulica	<i>cm</i>	3.80	3.90	3.80
Cálculos					
H1	Carga de la columna de agua al inicio del ensayo	m	0.950		
H2	Carga de la columna de agua al final del ensayo	m	0.912	0.911	0.912
ΔH	Diferencia de carga de las columnas de agua inicial y final	m	0.038	0.039	0.038
0.2*H1	20% de H1	<i>m</i>	0.190		
ΔH ≤ 0.2*H1	Condicional	m	MENOR	MENOR	MENOR
H = (H1+H2)/2	Carga promedio de la columna de agua	m	0.93100	0.93050	0.93100
C (1/m)	Factor de Forma	1/m	0.49048		
ΔH/t	Relación ΔH/t	m/s	6.33333E-05	6.50000E-05	6.33333E-05
(ΔH/t)/H	Relación (ΔH/t)/H	1/s	6.80272E-05	6.98549E-05	6.80272E-05
k	Coefficiente de Permeabilidad	cm/s	5.41014E-07	5.55550E-07	5.41014E-07
\bar{k}	Promedio del Coeficiente de Permeabilidad	cm/s	5.46E-07		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
El Coeficiente de Permeabilidad obtenido en este suelo corresponde al valor de 5.45859489049858E-07 cm/s.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXI. Permeabilidad – Pozo 2.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN 					
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.				
Provincia: Tungurahua	Número de muestra: 2				
Cantón: Ambato	Coordenadas: 17M, 765860; 9853353				
Sector: Montalvo	Tipo: Subrasante				
Fecha: 25/ago/2020	Profundidad: 0.90 m				
Norma: CFE 10000-73 (2015)					
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					
DATOS					
Símbolo	Muestra	N°	2		
Datos de Tubería					
<i>L</i>	Longitud	m	0.950		
<i>D</i>	Diámetro	m	0.1016		
<i>A</i>	Área Transversal del Tubo	m ²	0.0081		
Datos Adquiridos en Campo					
	Ensayo Número		1	2	3
<i>t</i>	Tiempo	<i>s</i>	600		
<i>h2</i>	Pérdida de Carga Hidráulica	<i>cm</i>	16.80	15.10	15.30
Cálculos					
H1	Carga de la columna de agua al inicio del ensayo	m	0.950		
H2	Carga de la columna de agua al final del ensayo	m	0.782	0.799	0.797
ΔH	Diferencia de carga de las columnas de agua inicial y final	m	0.168	0.151	0.153
$0.2 \cdot H1$	20% de H1	<i>m</i>	0.190		
$\Delta H \leq 0.2 \cdot H1$	Condicional	m	MENOR	MENOR	MENOR
$H = (H1+H2)/2$	Carga promedio de la columna de agua	m	0.86600	0.87450	0.87350
<i>C</i> (1/m)	Factor de Forma	1/m	0.49048		
$\Delta H/t$	Relación $\Delta H/t$	m/s	2.80000E-04	2.51667E-04	2.55000E-04
$(\Delta H/t)/H$	Relación $(\Delta H/t)/H$	1/s	3.23326E-04	2.87783E-04	2.91929E-04
<i>k</i>	Coefficiente de Permeabilidad	cm/s	2.57138E-06	2.28872E-06	2.32169E-06
\bar{k}	Promedio del Coeficiente de Permeabilidad	cm/s	2.39E-06		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
El Coeficiente de Permeabilidad obtenido en este suelo corresponde al valor de 2.3939270927235E-06 cm/s.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXII. Permeabilidad – Pozo 5.

 					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.				
Provincia:	Tungurahua				
Cantón:	Ambato				
Sector:	Juan Benigno Vela				
Fecha:	26/ago/2020				
Norma:	CFE 10000-73 (2015)				
Número de muestra:	5				
Coordenadas:	17M, 756518; 9855783				
Tipo:	Subrasante				
Profundidad:	0.80 m				
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					
DATOS					
Símbolo	Muestra	N°	5		
Datos de Tubería					
<i>L</i>	Longitud	m	0.950		
<i>D</i>	Diámetro	m	0.1016		
<i>A</i>	Área Transversal del Tubo	m ²	0.0081		
Datos Adquiridos en Campo					
	Ensayo Número		1	2	3
<i>t</i>	Tiempo	<i>s</i>	600		
<i>h2</i>	Pérdida de Carga Hidráulica	<i>cm</i>	6.90	6.60	6.90
Cálculos					
H1	Carga de la columna de agua al inicio del ensayo	m	0.950		
H2	Carga de la columna de agua al final del ensayo	m	0.881	0.884	0.881
ΔH	Diferencia de carga de las columnas de agua inicial y final	m	0.069	0.066	0.069
$0.2 * H1$	20% de H1	m	0.190		
$\Delta H \leq 0.2 * H1$	Condicional	m	MENOR	MENOR	MENOR
$H = (H1 + H2) / 2$	Carga promedio de la columna de agua	m	0.91550	0.91700	0.91550
<i>C</i> (1/m)	Factor de Forma	1/m	0.49048		
$\Delta H / t$	Relación $\Delta H / t$	m/s	1.15000E-04	1.10000E-04	1.15000E-04
$(\Delta H / t) / H$	Relación $(\Delta H / t) / H$	1/s	1.25614E-04	1.19956E-04	1.25614E-04
<i>k</i>	Coefficiente de Permeabilidad	cm/s	9.99000E-07	9.54002E-07	9.99000E-07
\bar{k}	Promedio del Coeficiente de Permeabilidad	cm/s	9.84E-07		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
El Coeficiente de Permeabilidad obtenido en este suelo corresponde al valor de 9.84000890649819E-07 cm/s.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		



Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXIII. Permeabilidad – Pozo 6.

 					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.				
Provincia:	Tungurahua				
Cantón:	Ambato				
Sector:	Santa Rosa				
Fecha:	26/ago/2020				
Norma:	CFE 10000-73 (2015)				
Número de muestra:	6				
Coordenadas:	17M, 760332; 9858254				
Tipo:	Subrasante				
Profundidad:	1.00 m				
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					
DATOS					
Símbolo	Muestra	N°	6		
Datos de Tubería					
<i>L</i>	Longitud	m	0.950		
<i>D</i>	Diámetro	m	0.1016		
<i>A</i>	Área Transversal del Tubo	m ²	0.0081		
Datos Adquiridos en Campo					
	Ensayo Número		1	2	3
<i>t</i>	Tiempo	<i>s</i>	600		
<i>h2</i>	Pérdida de Carga Hidráulica	<i>cm</i>	4.70	4.90	4.70
Cálculos					
H1	Carga de la columna de agua al inicio del ensayo	m	0.950		
H2	Carga de la columna de agua al final del ensayo	m	0.903	0.901	0.903
ΔH	Diferencia de carga de las columnas de agua inicial y final	m	0.047	0.049	0.047
$0.2 \cdot H1$	20% de H1	<i>m</i>	0.190		
$\Delta H \leq 0.2 \cdot H1$	Condicional	m	MENOR	MENOR	MENOR
$H = (H1+H2)/2$	Carga promedio de la columna de agua	m	0.92650	0.92550	0.92650
<i>C</i> (1/m)	Factor de Forma	1/m	0.49048		
$\Delta H/t$	Relación $\Delta H/t$	m/s	7.83333E-05	8.16667E-05	7.83333E-05
$(\Delta H/t)/H$	Relación $(\Delta H/t)/H$	1/s	8.45476E-05	8.82406E-05	8.45476E-05
<i>k</i>	Coefficiente de Permeabilidad	cm/s	6.72399E-07	7.01769E-07	6.72399E-07
\bar{k}	Promedio del Coeficiente de Permeabilidad	cm/s	6.82E-07		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
El Coeficiente de Permeabilidad obtenido en este suelo corresponde al valor de 6.82189370131058E-07 cm/s.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXIV. Permeabilidad – Pozo 12.

 					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE TITULACIÓN					
Proyecto :	Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.				
Provincia:	Tungurahua				
Cantón:	Ambato				
Sector:	Huachi Grande				
Fecha:	30/ago/2020				
Norma:	CFE 10000-73 (2015)				
Número de muestra:	12				
Coordenadas:	17M, 763322; 9855294				
Tipo:	Subrasante				
Profundidad:	1.00 m				
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					
DATOS					
Símbolo	Muestra	N°	12		
Datos de Tubería					
<i>L</i>	Longitud	m	0.950		
<i>D</i>	Diámetro	m	0.1016		
<i>A</i>	Área Transversal del Tubo	m ²	0.0081		
Datos Adquiridos en Campo					
	Ensayo Número		1	2	3
<i>t</i>	Tiempo	<i>s</i>	600		
<i>h2</i>	Pérdida de Carga Hidráulica	<i>cm</i>	14.40	14.20	14.30
Cálculos					
H1	Carga de la columna de agua al inicio del ensayo	m	0.950		
H2	Carga de la columna de agua al final del ensayo	m	0.806	0.808	0.807
ΔH	Diferencia de carga de las columnas de agua inicial y final	m	0.144	0.142	0.143
$0.2 \cdot H1$	20% de H1	<i>m</i>	0.190		
$\Delta H \leq 0.2 \cdot H1$	Condición	m	MENOR	MENOR	MENOR
$H = (H1+H2)/2$	Carga promedio de la columna de agua	m	0.87800	0.87900	0.87850
<i>C</i> (1/m)	Factor de Forma	1/m	0.49048		
ΔH/ <i>t</i>	Relación ΔH/ <i>t</i>	m/s	2.40000E-04	2.36667E-04	2.38333E-04
(ΔH/ <i>t</i>)/ <i>H</i>	Relación (ΔH/ <i>t</i>)/ <i>H</i>	1/s	2.73349E-04	2.69245E-04	2.71296E-04
<i>k</i>	Coefficiente de Permeabilidad	cm/s	2.17392E-06	2.14128E-06	2.15759E-06
\bar{k}	Promedio del Coeficiente de Permeabilidad	cm/s	2.16E-06		
DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO					
El Coeficiente de Permeabilidad obtenido en este suelo corresponde al valor de 2.15759706713024E-06 cm/s.					
REALIZÓ:			REVISÓ:		
Egdo. Marco Israel Martínez Inca			Ing. Favio Portilla		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Anexo C: Registro y levantamiento de datos

Humedad natural – sensor resistivo & capacitivo

TABLA CXV. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 1.

17M	9854168	767080		2715m	Profundidad: 1m	24/8/2020
P1: Totoras						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	834	SI		L1	827	NO
L2	834	SI		L2	832	SI
L3	875	SI		L3	836	SI
L4	828	SI		L4	838	SI
L5	776	NO		L5		
L6	888	NO		L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	839.17			MEDIA	833.25	
DESVIACIÓN	39.59			DESVIACIÓN	4.86	
MAX	878.76			MAX	838.11	
MIN	799.58			MIN	828.39	
RESULTADO	842.75			RESULTADO	835.33	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXVI. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 2.

17M	9853353	765860		2804m	Profundidad: 0.90m	24/8/2020
P2: Montalvo						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	969	SI		L1	848	SI
L2	945	SI		L2	845	SI
L3	953	SI		L3	843	SI
L4	917	SI		L4	842	SI
L5	912	SI		L5	841	SI
L6	846	NO		L6	841	SI
L7	832	NO		L7	848	SI
L8	819	NO		L8	848	SI
L9	941	SI		L9	838	NO
L10	960	SI		L10	837	NO
L11	946	SI		L11	848	SI
L12	947	SI		L12	847	SI
L13	974	NO		L13	849	NO
				L14	849	NO
MEDIA	920.08			MEDIA	844.57	
DESVIACIÓN	53.21			DESVIACIÓN	4.18	
MAX	973.28			MAX	848.75	
MIN	866.87			MIN	840.39	
RESULTADO	943.33			RESULTADO	845.10	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXVII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 3.

17M	9858559	752063		2971m	Profundidad: 1m	25/8/2020
P3: Pasa						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	587	SI		L1	790	SI
L2	314	NO		L2	790	SI
L3	349	NO		L3	798	SI
L4	347	NO		L4	799	SI
L5	340	NO		L5		
L6	683	SI		L6		
L7	683	SI		L7		
L8	683	SI		L8		
L9	685	SI				
L10	689	SI				
L11	693	SI				
L12	698	SI				
L13	698	SI				
MEDIA	573.00			MEDIA	794.25	
DESVIACIÓN	166.02			DESVIACIÓN	4.92	
MAX	739.02			MAX	799.17	
MIN	406.98			MIN	789.33	
RESULTADO	677.67			RESULTADO	794.25	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXVIII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 4.

17M	9856160	752538		3389m	Profundidad: 0.7m	25/8/2020
P4: Pilahuin						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	335	SI		L1	781	SI
L2	328	NO		L2	780	SI
L3	359	SI		L3	777	SI
L4	359	SI		L4	775	NO
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	345.25			MEDIA	778.25	
DESVIACIÓN	16.13			DESVIACIÓN	2.75	
MAX	361.38			MAX	781.00	
MIN	329.12			MIN	775.50	
RESULTADO	351.00			RESULTADO	779.33	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXIX. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 5.

17M	9855783	756518		3151m	Profundidad: 0.8m	25/8/2020
P5: Juan Benigno Vela						
Sensor Resistivo			SI o NO	Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	940	NO		L1	789	NO
L2	941	SI		L2	786	SI
L3	942	SI		L3	778	SI
L4	943	NO		L4	777	SI
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	941.50			MEDIA	782.50	
DESVIACIÓN	1.29			DESVIACIÓN	5.92	
MAX	942.79			MAX	788.42	
MIN	940.21			MIN	776.58	
RESULTADO	941.50			RESULTADO	780.33	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXX. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 6.

17M	9858254	760332		3021m	Profundidad: 1m	25/8/2020
P6: Santa Rosa						
Sensor Resistivo			SI o NO	Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	895	NO		L1	737	SI
L2	893	NO		L2	734	SI
L3	736	SI		L3	780	SI
L4	737	SI		L4	776	SI
L5	726	SI		L5		
L6	727	SI		L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	785.67			MEDIA	756.75	
DESVIACIÓN	84.04			DESVIACIÓN	24.62	
MAX	869.70			MAX	781.37	
MIN	701.63			MIN	732.13	
RESULTADO	731.50			RESULTADO	756.75	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXI. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 7.

17M	9866162	764560		2673m	Profundidad: 0.8m	27/8/2020
P7: Augusto N. Martínez						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	320	SI		L1	870	SI
L2	320	SI		L2	868	SI
L3	324	SI		L3	865	NO
L4	326	NO		L4	871	SI
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	322.50			MEDIA	868.50	
DESVIACIÓN	3.00			DESVIACIÓN	2.65	
MAX	325.50			MAX	871.15	
MIN	319.50			MIN	865.85	
RESULTADO	321.33			RESULTADO	869.67	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 8.

17M	9866941	762483		3023m	Profundidad: 0.85m	27/8/2020
P8: Constantino Fernández						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	473	NO		L1	845	NO
L2	474	SI		L2	844	SI
L3	475	SI		L3	843	SI
L4	476	NO		L4	842	SI
L5				L5	841	NO
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	474.50			MEDIA	843.00	
DESVIACIÓN	1.29			DESVIACIÓN	1.58	
MAX	475.79			MAX	844.58	
MIN	473.21			MIN	841.42	
RESULTADO	474.50			RESULTADO	843.00	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXIII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 9.

17M	9863397	762193		2672m	Profundidad: 0.95m	27/8/2020
P9: San Bartolomé de Pinillo						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	854	NO		L1	851	NO
L2	853	SI		L2	849	SI
L3	852	SI		L3	848	SI
L4	852	SI		L4	845	NO
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	852.75			MEDIA	848.25	
DESVIACIÓN	0.96			DESVIACIÓN	2.50	
MAX	853.71			MAX	850.75	
MIN	851.79			MIN	845.75	
RESULTADO	852.33			RESULTADO	848.50	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXIV. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 10.

17M	9862802	760124		3125m	Profundidad: 0.70m	27/8/2020
P10: Ambatillo						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	639	NO		L1	811	NO
L2	641	SI		L2	817	SI
L3	642	SI		L3	817	SI
L4	643	NO		L4	812	SI
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	641.25			MEDIA	814.25	
DESVIACIÓN	1.71			DESVIACIÓN	3.20	
MAX	642.96			MAX	817.45	
MIN	639.54			MIN	811.05	
RESULTADO	641.50			RESULTADO	815.33	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXV. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 11.

17M	9861791	758732		3041m	Profundidad: 0.95m	27/8/2020
P11: Quisapincha						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	399	NO		L1	718	NO
L2	401	SI		L2	717	SI
L3	401	SI		L3	716	SI
L4	403	NO		L4	715	NO
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	401.00			MEDIA	716.50	
DESVIACIÓN	1.63			DESVIACIÓN	1.29	
MAX	402.63			MAX	717.79	
MIN	399.37			MIN	715.21	
RESULTADO	401.00			RESULTADO	716.50	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXVI. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 12.

17M	9855294	763322		2868m	Profundidad: 1m	29/8/2020
P12: Huachi Grande						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	723	NO		L1	848	SI
L2	726	SI		L2	847	SI
L3	729	SI		L3	846	SI
L4	729	SI		L4	841	NO
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	726.75			MEDIA	845.50	
DESVIACIÓN	2.87			DESVIACIÓN	3.11	
MAX	729.62			MAX	848.61	
MIN	723.88			MIN	842.39	
RESULTADO	728.00			RESULTADO	847.00	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXVII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 13.

17M	9860157	770459		2619m	Profundidad: 1m	29/8/2020
P13: Picaihua						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	802	NO		L1	852	SI
L2	803	SI		L2	851	NO
L3	804	SI		L3	853	SI
L4	805	NO		L4	855	NO
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	803.50			MEDIA	852.75	
DESVIACIÓN	1.29			DESVIACIÓN	1.71	
MAX	804.79			MAX	854.46	
MIN	802.21			MIN	851.04	
RESULTADO	803.50			RESULTADO	852.50	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXVIII. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 14.

17M	9865306	771251		2686m	Profundidad: 1m	29/8/2020
P14: Izamba						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	620	NO		L1	858	SI
L2	621	SI		L2	858	SI
L3	622	SI		L3	857	SI
L4	623	NO		L4	856	NO
L5				L5		
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	621.50			MEDIA	857.25	
DESVIACIÓN	1.29			DESVIACIÓN	0.96	
MAX	622.79			MAX	858.21	
MIN	620.21			MIN	856.29	
RESULTADO	621.50			RESULTADO	857.67	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXIX. Humedad natural sensor resistivo & capacitivo – Pozo 15.

17M	9866574	766169		2710m	Profundidad: 0.90m	29/8/2020
P15: Atahualpa						
Sensor Resistivo		SI o NO		Sensor Capacitivo		SI o NO
L1	941	NO		L1	824	SI
L2	943	SI		L2	822	SI
L3	944	SI		L3	822	SI
L4	945	NO		L4	820	SI
L5				L5	810	NO
L6				L6		
L7				L7		
L8				L8		
MEDIA	943.25			MEDIA	819.60	
DESVIACIÓN	1.71			DESVIACIÓN	5.55	
MAX	944.96			MAX	825.15	
MIN	941.54			MIN	814.05	
RESULTADO	943.50			RESULTADO	822.00	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

Humedad promedio – sensor resistivo y capacitivo

TABLA CXXX. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 1.

P1	Totoras															4/9/2020			
Cont. Humedad promedio (w%)		8.45%				13.14%				16.79%				22.15%					
AGUA (ml)		200				400				600				800					
SENSOR		R	SI	NO	C	SI	NO	C	SI	NO	C	SI	NO	C	SI	NO			
ARRIBA	L1	467	NO	872	NO	310	NO	862	NO	179	NO	867	SI	168	NO	865	SI		
	L2	466	SI	874	SI	306	NO	861	SI	178	NO	867	SI	168	NO	866	SI		
	L3	465	SI	873	SI	307	SI	860	SI	177	NO	866	SI	169	NO	867	NO		
	L4	464	SI	874	SI	308	SI	860	SI	176	SI	865	SI	151	SI	866	SI		
	L5	463	NO			309	SI	859	NO	175	SI	865	SI	137	NO	865	SI		
	L6									156	NO			139	SI				
	L7									156	NO			140	SI				
	L8									157	SI			141	SI				
	L9									158	SI								
	L10									159	SI								
	L11									160	SI								
MEDIA		465.00		873.25		308.00		860.40		166.45		866.00		151.63		865.80			
DESVIACIÓN		1.58		0.96		1.58		1.14		10.21		1.00		14.44		0.84			
MAX		466.58		874.21		309.58		861.54		176.67		867.00		166.07		866.64			
MIN		463.42		872.29		306.42		859.26		156.24		865.00		137.18		864.96			
RESULTADO		465.00		873.67		308.00		860.33		164.17		866.00		142.75		865.50			
ABAJO	L1	421	SI	851	NO	291	NO	863	SI	153	SI	867	NO	127	NO	868	NO		
	L2	421	SI	850	SI	290	SI	863	SI	154	SI	866	SI	128	SI	867	SI		
	L3	422	SI	849	NO	288	SI	862	SI	155	SI	866	SI	129	SI	866	SI		
	L4	420	NO	850	SI	288	SI	861	SI	156	SI	866	SI	130	SI	866	SI		
	L5	423	NO			250	SI	861	SI	155	SI			131	SI	865	NO		
	L6					249	SI			147	NO			132	NO				
	L7					248	SI							129	SI				
	L8					247	NO												
HORA		11:13:00				11:41:00				12:10:00				12:35:00					
MEDIA		421.40		850.00		268.88		862.00		153.33		866.25		129.43		866.40			
DESVIACIÓN		1.14		0.82		21.82		1.00		3.27		0.50		1.72		1.14			
MAX		422.54		850.82		290.70		863.00		156.60		866.75		131.15		867.54			
MIN		420.26		849.18		247.05		861.00		150.07		865.75		127.71		865.26			
RESULTADO		421.33		850.00		268.83		862.00		154.60		866.00		129.40		866.33			

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXI. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 2.

P2	Montalvo	4/9/2020																
Cont. Humedad promedio (w%)		8.45%				13.14%				16.79%				22.15%				
AGUA (ml)		400				600				800				1000				
SENSOR		R	SI	NO	C	SI	NO	C	SI	NO	R	SI	NO	C	SI	NO		
ARRIBA	L1	524	SI	NO	857	NO	436	NO	874	NO	340	NO	862	NO	219	SI	866	SI
	L2	564	NO	855	SI	437	SI	872	SI	338	NO	863	SI	235	SI	866	SI	
	L3	531	SI	855	SI	438	SI	869	SI	237	SI	864	SI	235	SI	865	SI	
	L4	532	SI	856	SI	438	SI	868	SI	238	SI	864	SI	240	SI	865	SI	
	L5	533	SI	855	SI			869	SI	238	SI			226	SI	862	NO	
	L6	534	SI	856	SI					238	SI			240	SI	862	NO	
	L7									239	SI			232	SI			
	L8									240	SI			207	NO			
MEDIA		536.33		855.67		437.25		870.40		263.50		863.25		229.25		864.33		
DESVIACIÓN		14.01		0.82		0.96		2.51		46.61		0.96		11.44		1.86		
MAX		550.34		856.48		438.21		872.91		310.11		864.21		240.69		866.20		
MIN		522.32		854.85		436.29		867.89		216.89		862.29		217.81		862.47		
RESULTADO		530.80		855.40		437.67		869.50		238.33		863.67		232.43		865.50		
ABAJO	L1	508	NO	842	SI	420	NO	860	SI	309	NO	862	NO	295	NO	860	SI	
	L2	509	SI	842	SI	421	SI	859	NO	306	SI	862	NO	294	NO	860	SI	
	L3	510	SI	842	SI	422	SI	861	NO	313	NO	861	SI	291	SI	860	SI	
	L4	511	SI	842	SI	423	SI	860	SI	312	NO	861	SI	290	SI	859	SI	
	L5	512	NO	842	SI	423	SI	859	NO	277	SI	861	SI	285	SI	859	SI	
	L6			843	NO			860	SI	277	SI			284	SI	859	SI	
	L7									276	SI			282	SI			
	L8									275	SI			282	SI			
	L9									273	SI			281	NO			
	L10									272	SI			281	NO			
HORA		14:01:00				14:19:00				14:36:00				15:03:00				
MEDIA		510.00		842.17		421.80		859.83		289.00		861.40		286.50		859.50		
DESVIACIÓN		1.58		0.41		1.30		0.75		18.23		0.55		5.48		0.55		
MAX		511.58		842.57		423.10		860.59		307.23		861.95		291.98		860.05		
MIN		508.42		841.76		420.50		859.08		270.77		860.85		281.02		858.95		
RESULTADO		510.00		842.00		422.25		860.00		279.43		861.00		285.67		859.50		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 3.

P3	Pasa	7/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		17.88%				21.47%				6.97%				14.74%			
AGUA (ml)		0				200				0				150			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	325	NO	918	NO	235	SI	888	NO	486	NO	865	NO	167	NO	824	NO
	L2	357	SI	919	SI	236	SI	888	NO	487	SI	864	SI	148	NO	823	SI
	L3	358	SI	920	SI	237	SI	894	SI	488	SI	864	SI	148	NO	822	SI
	L4	359	SI	920	SI	238	SI	893	SI	489	NO	863	SI	156	SI	822	SI
	L5	360	SI			239	SI	894	SI			863	SI	158	SI		
	L6	351	SI			240	SI	894	SI					158	SI		
	L7					180	NO							158	SI		
	L8					181	NO										
	L9					182	NO										
	L10					183	NO										
	L11					184	SI										
MEDIA		351.67		919.25		212.27		891.83		487.50		863.80		156.14		822.75	
DESVIACIÓN		13.44		0.96		29.03		2.99		1.29		0.84		6.59		0.96	
MAX		365.11		920.21		241.30		894.83		488.79		864.64		162.74		823.71	
MIN		338.23		918.29		183.24		888.84		486.21		862.96		149.55		821.79	
RESULTADO		357.00		919.67		229.86		893.75		487.50		863.50		157.50		822.33	

ABAJO	L1	214	NO	930	SI	242	NO	912	SI	438	SI	850	NO	259	NO	803	NO
	L2	215	SI	931	SI	243	NO	912	SI	438	SI	849	SI	260	SI	802	SI
	L3	216	SI	932	SI	244	NO	912	SI	441	NO	848	NO	261	SI	802	SI
	L4	216	SI	932	SI	242	NO	911	NO	440	NO	849	SI	261	SI	802	SI
	L5	217	SI	933	SI	242	NO	911	NO	434	SI					802	SI
	L6	217	SI	933	SI	164	SI			433	SI					801	SI
	L7	217	SI	895	SI	166	SI			430	NO					800	NO
	L8			894	SI	167	SI			431	NO					800	NO
	L9			893	SI	168	SI			434	SI					800	NO
	L10			892	SI	170	SI										
	L11			891	SI	171	SI										
	L12			890	SI	169	SI										
	L13			764	NO												
	L14			763	NO												
	L15			763	NO												
	L16			762	NO												
	L17			761	NO												
	L18			760	NO												
HORA		09:57:00				10:23:00				12:44:00				13:05:00			
MEDIA	216.00		862.17		199.00		911.60		435.44		849.00		260.25		801.33		
DESVIACIÓN	1.15		74.63		38.53		0.55		3.94		0.82		0.96		1.12		
MAX	217.15		936.79		237.53		912.15		439.38		849.82		261.21		802.45		
MIN	214.85		787.54		160.47		911.05		431.50		848.18		259.29		800.22		
RESULTADO	216.33		912.17		167.86		912.00		435.40		849.00		260.67		801.80		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXIII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 4.

P4	Pilahuín	7/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		15.71%				19.95%				23.74%				32.01%			
AGUA (ml)		200				400				600				800			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	420	NO	833	SI	265	NO	786	NO	136	SI	781	NO	129	NO	758	NO
	L2	439	SI	833	SI	267	NO	786	NO	136	SI	777	NO	131	SI	756	SI
	L3	431	SI	832	SI	268	NO	785	SI	138	SI	775	SI	132	SI	756	SI
	L4	433	SI	832	SI	272	SI	784	NO	140	SI	776	SI	134	SI	755	SI
	L5	434	SI			272	SI	785	SI	141	NO	767	SI	135	SI	755	SI
	L6	436	SI			275	SI	785	SI			768	SI	140	NO	754	NO
	L7	437	SI			277	SI					767	SI	142	NO	754	NO
	L8	438	SI			279	SI					768	SI				
	L9	439	SI			289	SI					768	SI				
	L10					290	NO					768	SI				
	L11					291	NO										
	L12					290	NO										
	L13					291	NO										
	L14					288	SI										
MEDIA		434.11		832.50		279.57		785.17		138.20		771.50		134.71		755.43	
DESVIACIÓN		5.97		0.58		9.94		0.75		2.28		5.19		4.75		1.40	
MAX		440.08		833.08		289.52		785.92		140.48		776.69		139.47		756.83	
MIN		428.14		831.92		269.63		784.41		135.92		766.31		129.96		754.03	
RESULTADO		435.88		832.50		278.86		785.00		137.50		769.63		133.00		755.50	

ABAJO	L1	407	NO	805	NO	175	NO	737	NO	139	SI	757	SI	117	NO	744	NO
	L2	413	SI	804	SI	175	NO	736	SI	141	SI	756	SI	119	SI	745	SI
	L3	415	SI	803	SI	177	SI	735	SI	145	NO	756	SI	119	SI	746	SI
	L4	422	SI	802	SI	178	SI	734	NO	146	NO	762	NO	120	SI	746	SI
	L5	423	SI	802	SI	179	SI			141	SI	754	SI	121	SI	747	NO
	L6	422	SI			180	NO			139	SI			120	SI	747	NO
	L7	417	SI							141	SI			122	SI	746	SI
	L8	420	SI											124	SI		
	L9	422	SI											126	SI		
	L10													126	SI		
	L11													127	NO		
	L12													128	NO		
HORA		15:13:00			15:47:00			16:21:00			16:51:00						
MEDIA	417.89		803.20		177.33		735.50		141.71		757.00		122.42		745.86		
DESVIACIÓN	5.40		1.30		2.07		1.29		2.75		3.00		3.65		1.07		
MAX	423.28		804.50		179.40		736.79		144.47		760.00		126.07		746.93		
MIN	412.49		801.90		175.27		734.21		138.96		754.00		118.76		744.79		
RESULTADO	419.25		802.75		178.00		735.50		140.20		755.75		121.89		745.75		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXIV. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 5.

P5		Juan Benigno Vela				2/9/2020											
Cont. Humedad promedio (w%)		14.94%				18.84%				22.61%				25.34%			
AGUA (ml)		0				150				300				450			
SENSOR		R	SI	NO	C	SI	NO	C	SI	NO	R	SI	NO	C	SI	NO	
ARRIBA	L1	812	NO	801	SI	542	SI	813	NO	512	NO	846	SI	201	NO	849	NO
	L2	812	NO	802	NO	542	SI	812	SI	520	SI	846	SI	160	SI	848	SI
	L3	809	SI	801	SI	541	SI	811	NO	521	SI	849	NO	155	SI	847	SI
	L4	809	SI	801	SI	540	SI	812	SI	522	SI	849	NO	156	SI	846	NO
	L5	808	NO	800	NO	539	NO			523	SI	847	SI	157	SI		
	L6									523	SI	847	SI	157	SI		
	L7													145	SI		
MEDIA		810.00		801.00		540.80		812.00		520.17		847.33		161.57		847.50	
DESVIACIÓN		1.87		0.71		1.30		0.82		4.17		1.37		18.02		1.29	
MAX		811.87		801.71		542.10		812.82		524.33		848.70		179.59		848.79	
MIN		808.13		800.29		539.50		811.18		516.00		845.97		143.55		846.21	
RESULTADO		809.00		801.00		541.25		812.00		521.80		846.50		155.00		847.50	
ABAJO	L1	716	SI	812	NO	537	SI	810	SI	435	NO	708	SI	138	NO	844	NO
	L2	715	SI	811	SI	537	SI	810	SI	438	SI	708	SI	139	SI	843	SI
	L3	715	SI	810	SI	538	SI	809	SI	440	SI	708	SI	140	SI	842	SI
	L4	716	SI	809	SI	539	NO	809	SI	446	SI	709	NO	141	SI	842	SI
	L5			808	NO			807	SI	447	NO	707	NO	142	NO	842	SI
	L6							806	SI								
	L7							800	NO								
HORA		14:32:00				14:57:00				15:25:00				15:45:00			
MEDIA		715.50		810.00		537.75		807.29		441.20		708.00		140.00		842.60	
DESVIACIÓN		0.58		1.58		0.96		3.55		5.17		0.71		1.58		0.89	
MAX		716.08		811.58		538.71		810.83		446.37		708.71		141.58		843.49	
MIN		714.92		808.42		536.79		803.74		436.03		707.29		138.42		841.71	
RESULTADO		715.50		810.00		537.33		808.50		441.33		708.00		140.00		842.25	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXV. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 6.

P6		Santa Rosa		8/9/2020													
Cont. Humedad promedio (w%)		6.86%				9.75%				14.64%				18.29%			
AGUA (ml)		0				200				400				600			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	761	SI	850	NO	547	SI	756	NO	238	NO	710	SI	197	NO	771	SI
	L2	762	SI	849	SI	546	SI	755	SI	237	NO	710	SI	188	SI	771	SI
	L3	763	SI	848	SI	543	SI	754	SI	235	SI	713	SI	189	SI	772	SI
	L4	764	SI	847	SI	553	NO	754	SI	234	SI	714	NO	190	SI	773	SI
	L5	765	SI	847	SI	548	SI	753	SI	232	SI	713	SI	191	SI	773	SI
	L6	766	NO			546	SI	751	NO	231	NO	710	SI	192	SI		
	L7	695	NO			531	SI			232	SI	709	NO	188	SI		
	L8	694	NO			459	NO			234	SI			188	SI		
	L9	699	SI			461	NO							189	SI		
	L10	700	SI			463	NO										
	L11	705	SI			463	NO										
	L12	707	SI			467	NO										
	L13					501	SI										
MEDIA		731.75		848.20		509.85		753.83		234.13		711.29		190.22		772.00	
DESVIACIÓN		33.37		1.30		40.96		1.72		2.47		1.98		2.91		1.00	
MAX		765.12		849.50		550.81		755.56		236.60		713.26		193.13		773.00	
MIN		698.38		846.90		468.89		752.11		231.65		709.31		187.32		771.00	
RESULTADO		736.22		847.75		537.43		754.00		233.40		711.20		189.38		772.00	

ABAJO	L1	657	SI	848	SI	416	SI	735	SI	198	SI	737	NO	188	NO	773	SI
	L2	658	SI	848	SI	441	SI	737	SI	198	SI	735	SI	189	SI	772	SI
	L3	659	SI	847	SI	445	SI	737	SI	199	SI	734	SI	190	SI	771	NO
	L4	660	NO	846	SI	446	SI	737	SI	200	SI	733	SI	191	NO	772	SI
	L5	601	NO	846	SI	447	SI	737	SI	201	SI	733	SI	189	SI	773	SI
	L6	629	SI			448	SI	734	NO	203	SI			190	SI	774	NO
	L7	634	SI			448	SI	734	NO	208	NO			189	SI		
	L8	637	SI			449	SI							189	SI		
	L9	638	SI			393	NO										
	L10	639	SI			398	NO										
	L11					398	NO										
	L12					408	SI										
	L13					409	SI										
HORA		09:47:00			10:10:00			10:32:00			10:52:00						
MEDIA	641.20		847.00		426.62		735.86		201.00		734.40		189.38		772.50		
DESVIACIÓN	18.41		1.00		22.89		1.46		3.56		1.67		0.92		1.05		
MAX	659.61		848.00		449.51		737.32		204.56		736.07		190.29		773.55		
MIN	622.79		846.00		403.72		734.39		197.44		732.73		188.46		771.45		
RESULTADO	643.88		847.00		435.70		736.60		199.83		733.75		189.33		772.50		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXVI. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 7.

P7		Augusto N. Martínez		8/9/2020													
Cont. Humedad promedio (w%)		9.76%				13.55%				17.55%				21.03%			
AGUA (ml)		0				200				400				600			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	423	NO	660	NO	280	SI	706	NO	176	SI	696	SI	158	NO	710	SI
	L2	427	NO	659	SI	281	NO	707	SI	177	SI	697	NO	159	NO	709	SI
	L3	429	NO	658	SI	280	SI	707	SI	178	SI	696	SI	160	NO	712	NO
	L4	431	NO	659	SI	279	SI	708	SI	179	NO	695	SI	153	SI	714	NO
	L5	504	SI	658	SI	277	NO	708	SI	180	NO	695	SI	138	NO	710	SI
	L6	506	SI	657	NO	278	SI			168	NO			140	NO	709	SI
	L7	508	SI							170	NO			141	NO	708	SI
	L8	510	SI							171	SI			142	NO	708	SI
	L9	512	SI							172	SI			143	SI	707	NO
	L10	514	SI							173	SI			144	SI		
	L11	516	SI											150	SI		
	L12	518	SI											151	SI		
	L13	585	NO											152	SI		
	L14	586	NO											153	SI		
	L15	587	NO											154	SI		
	L16	588	NO											155	SI		
	L17	591	NO											156	SI		
	L18	592	NO														
MEDIA		518.17		658.50		279.17		707.20		174.40		695.80		149.94		709.67	
DESVIACIÓN		60.84		1.05		1.47		0.84		4.14		0.84		7.15		2.18	
MAX		579.01		659.55		280.64		708.04		178.54		696.64		157.10		711.85	
MIN		457.32		657.45		277.69		706.36		170.26		694.96		142.79		707.49	
RESULTADO		511.00		658.50		279.25		707.50		174.50		695.50		151.10		709.00	

ABAJO	L1	415	SI	703	NO	309	SI	691	NO	166	SI	709	NO	150	NO	685	NO
	L2	416	SI	703	NO	311	SI	690	SI	167	SI	708	SI	152	NO	684	NO
	L3	417	SI	702	SI	312	NO	689	SI	168	SI	708	SI	144	SI	682	SI
	L4	418	SI	701	SI	314	NO	689	SI	169	SI	707	SI	144	SI	681	SI
	L5	419	SI	701	SI	315	NO			151	NO	706	NO	145	SI	681	SI
	L6	420	SI	700	NO	272	SI			152	NO	706	NO	146	SI	681	SI
	L7	421	NO	700	NO	273	SI			154	SI			147	SI	678	NO
	L8	417	SI			274	SI							148	SI	677	NO
	L9	417	SI			275	SI							124	NO		
	L10	419	SI			274	SI							126	NO		
	L11	391	NO			276	SI							127	NO		
	L12	394	NO											128	NO		
	L13	397	NO											129	SI		
	L14	398	NO											130	SI		
	L15	399	SI														
	L16	400	SI														
HORA		11:30:00				11:51:00				12:12:00				12:35:00			
MEDIA	409.88		701.43		291.36		689.75		161.00		707.33		138.57		681.13		
DESVIACIÓN	10.97		1.27		20.03		0.96		8.21		1.21		10.40		2.70		
MAX	420.85		702.70		311.39		690.71		169.21		708.54		148.98		683.82		
MIN	398.90		700.16		271.33		688.79		152.79		706.12		128.17		678.43		
RESULTADO	414.27		701.33		283.00		689.33		164.80		707.67		141.63		681.25		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXVII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 8.

P8	Constantino Fernández		8/9/2020														
Cont. Humedad promedio (w%)		12.41%				15.87%				21.68%				22.53%			
AGUA (ml)		0				150				300				450			
SENSOR		R	SI o NO	C	SI o NO	R	SI o NO	C	SI o NO	R	SI o NO	C	SI o NO	R	SI o NO	C	SI o NO
ARRIBA	L1	532	SI	717	NO	353	SI	784	SI	202	NO	823	NO	171	NO	797	NO
	L2	533	NO	716	SI	353	SI	785	NO	203	SI	822	SI	171	NO	796	SI
	L3	532	SI	714	SI	352	NO	784	SI	206	NO	821	SI	172	NO	795	SI
	L4	529	SI	714	SI	354	SI	783	SI	204	SI	820	SI	171	NO	794	SI
	L5	528	SI	713	SI	354	SI	783	SI	203	SI	820	SI	164	SI	793	SI
	L6	527	NO	712	NO					203	SI	819	NO	162	SI	792	NO
	L7	529	SI											162	SI		
	L8													161	SI		
	L9													159	SI		
	L10													154	SI		
	L11													154	SI		
	L12													154	SI		
	L13													152	NO		
	L14													152	NO		
MEDIA		530.00		714.33		353.20		783.80		203.50		820.83		161.36		794.50	
DESVIACIÓN		2.31		1.86		0.84		0.84		1.38		1.47		7.56		1.87	
MAX		532.31		716.20		354.04		784.64		204.88		822.31		168.92		796.37	
MIN		527.69		712.47		352.36		782.96		202.12		819.36		153.80		792.63	
RESULTADO		530.00		714.25		353.50		783.50		203.25		820.75		158.75		794.50	

ABAJO	L1	491	NO	759	NO	351	SI	779	NO	171	NO	801	SI	191	NO	812	NO
	L2	492	SI	759	NO	355	SI	778	SI	172	SI	800	SI	191	NO	811	SI
	L3	493	SI	760	SI	358	NO	777	SI	173	SI	800	SI	190	NO	811	SI
	L4	494	SI	765	NO	358	NO	776	SI	173	SI	801	SI	181	SI	810	SI
	L5	495	NO	765	NO	354	SI	776	SI	174	SI	801	SI	182	SI	810	SI
	L6	495	NO	764	SI	358	NO			175	NO	800	SI	176	SI		
	L7			763	SI	343	NO					799	NO	173	SI		
	L8					348	SI							174	SI		
	L9					348	SI							156	NO		
	L10					349	SI							156	NO		
	L11													157	NO		
	L12													158	SI		
	L13													159	SI		
	L14													159	SI		
HORA		14:39:00				15:03:00				15:30:00				15:53:00			
MEDIA	493.33		762.14		352.20		777.20		173.00		800.29		171.64		810.80		
DESVIACIÓN	1.63		2.73		5.20		1.30		1.41		0.76		13.92		0.84		
MAX	494.97		764.88		357.40		778.50		174.41		801.04		185.56		811.64		
MIN	491.70		759.41		347.00		775.90		171.59		799.53		157.73		809.96		
RESULTADO	493.00		762.33		350.83		776.75		173.00		800.50		170.25		810.50		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXVIII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 9.

P9	San Bartolomé de Pinillo				3/9/2020												
Cont. Humedad promedio (w%)		7.08%				10.61%				14.83%				18.76%			
AGUA (ml)		0				200				400				600			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	831	NO	879	SI	787	NO	853	SI	571	SI	852	NO	314	NO	877	NO
	L2	848	SI	878	SI	739	SI	853	SI	615	NO	852	NO	313	SI	876	SI
	L3	848	SI	879	SI	738	SI	853	SI	616	NO	850	SI	312	SI	875	SI
	L4	849	SI	886	NO	739	SI	852	SI	569	SI	849	SI	311	NO	874	NO
	L5	858	NO			739	SI	851	NO	571	SI	849	SI				
	L6									571	SI	848	NO				
	L7									574	SI						
MEDIA	846.80		880.50		748.40		852.40		583.86		850.00		312.50		875.50		
DESVIACIÓN	9.78		3.70		21.58		0.89		21.67		1.67		1.29		1.29		
MAX	856.58		884.20		769.98		853.29		605.52		851.67		313.79		876.79		
MIN	837.02		876.80		726.82		851.51		562.19		848.33		311.21		874.21		
RESULTADO	848.33		878.67		738.75		852.75		571.20		849.33		312.50		875.50		

ABAJO	L1	863	NO	871	SI	777	NO	869	NO	648	SI	856	NO	286	NO	863	NO
	L2	864	SI	872	SI	765	SI	868	NO	647	SI	856	NO	283	SI	863	NO
	L3	865	SI	872	SI	766	SI	862	SI	646	SI	854	SI	282	SI	864	SI
	L4	865	SI	871	SI	767	SI	861	SI	645	SI	853	SI	281	SI	865	NO
	L5	866	NO			767	SI	860	SI	644	SI	852	SI	280	SI	865	NO
	L6					754	NO	859	SI	564	NO	851	NO	278	SI	865	NO
	L7					754	NO			576	SI			277	NO	864	SI
	L8					755	SI			577	SI					863	NO
	L9									577	SI						
HORA	10:36:00				11:00:00				11:27:00				11:54:00				
MEDIA	864.60	871.50		763.13		863.17		613.78		853.67		281.00		864.00			
DESVIACIÓN	1.14	0.58		8.17		4.26		38.42		2.07		3.06		0.93			
MAX	865.74	872.08		771.29		867.43		652.20		855.73		284.06		864.93			
MIN	863.46	870.92		754.96		858.90		575.35		851.60		277.94		863.07			
RESULTADO	864.67		871.50		764.00		860.50		620.00		853.00		280.80		864.00		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXXXIX. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 10.

P10	Ambatillo	9/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		19.65%				22.04%				25.18%				16.69%			
AGUA (ml)		0				150				300				0			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	281	NO	818	NO	149	NO	773	SI	185	NO	754	NO	344	NO	672	NO
	L2	287	SI	817	SI	149	NO	772	SI	155	SI	755	SI	346	SI	671	SI
	L3	289	SI	816	SI	150	NO	773	SI	155	SI	757	SI	347	SI	670	SI
	L4	290	SI	815	SI	151	SI	773	SI	156	SI	758	SI	348	SI	669	SI
	L5	291	SI	814	NO	152	SI	772	SI	157	SI	759	SI	351	SI	667	SI
	L6	290	SI	814	NO	152	SI	772	SI	150	SI	760	NO	354	NO	666	NO
	L7	291	SI			153	SI			151	SI			356	NO		
	L8	290	SI			154	SI			152	SI						
	L9	301	SI			155	SI			153	SI						
	L10	302	NO			160	SI			154	SI						
	L11	303	NO			161	SI			155	SI						
	L12	304	NO			162	SI										
	L13	305	NO			163	NO										
	L14					164	NO										
	L15					165	NO										
	L16					166	NO										
MEDIA		294.15		815.67		156.63		772.50		156.64		757.17		349.43		669.17	
DESVIACIÓN		7.77		1.63		6.16		0.55		9.65		2.32		4.39		2.32	
MAX		301.92		817.30		162.79		773.05		166.28		759.48		353.82		671.48	
MIN		286.39		814.03		150.46		771.95		146.99		754.85		345.04		666.85	
RESULTADO		291.13		816.00		155.56		772.50		153.80		757.25		348.00		669.25	

ABAJO	L1	302	SI	810	NO	159	SI	765	SI	154	SI	782	NO	425	SI	655	SI
	L2	299	SI	809	SI	159	SI	764	SI	155	SI	778	NO	422	SI	655	SI
	L3	297	SI	808	SI	161	SI	763	SI	156	SI	780	SI	423	SI	656	SI
	L4	297	SI	807	SI	162	SI	767	NO	157	NO	780	SI	422	SI	655	SI
	L5	296	SI	806	NO	163	SI	762	NO	158	NO	782	NO	482	NO	655	SI
	L6	295	SI	806	NO	164	SI			154	SI	781	SI	466	NO	655	SI
	L7	292	SI			165	SI			155	SI	780	SI	388	SI	655	SI
	L8	285	NO			152	NO			156	SI			344	NO	659	NO
	L9	289	NO			153	NO			151	NO			399	SI		
	L10	291	SI			154	NO			153	SI			398	SI		
	L11	292	SI			155	NO			151	NO			360	SI		
	L12	293	SI			166	SI			154	SI			363	SI		
	L13	294	SI			167	SI							365	SI		
	L14	307	NO			169	NO							366	SI		
	L15	307	NO			169	NO							365	SI		
	L16	308	NO			170	NO							368	SI		
	L17	308	NO											371	SI		
	L18	309	NO														
HORA		10:19:00			10:45:00			11:07:00			12:07:00						
MEDIA	297.83	807.67	161.75	764.20	154.50	780.43	395.71	655.63									
DESVIACIÓN	7.38	1.63	5.94	1.92	2.15	1.40	39.22	1.41									
MAX	305.22	809.30	167.69	766.12	156.65	781.83	434.93	657.03									
MIN	290.45	806.03	155.81	762.28	152.35	779.03	356.48	654.22									
RESULTADO	295.27	808.00	162.89	765.22	154.63	780.25	388.21	655.14									

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXL. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 11.

P11	Quisapincha	9/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		16.06%				18.83%				21.60%				24.25%			
AGUA (ml)		0				150				300				450			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	374	NO	706	NO	279	NO	631	NO	275	NO	681	SI	169	SI	631	NO
	L2	375	SI	706	NO	280	SI	630	SI	187	SI	681	SI	171	SI	630	SI
	L3	376	SI	705	SI	281	SI	629	SI	188	SI	680	SI	174	SI	629	SI
	L4	377	SI	704	SI	282	SI	629	SI	189	SI	679	SI	175	SI	628	SI
	L5	378	SI	703	SI	283	NO	628	NO	189	SI	678	NO	176	SI	627	SI
	L6	379	NO	702	SI					190	SI			177	NO	626	NO
	L7			702	SI					191	SI			179	NO	626	NO
	L8			701	NO					186	SI			180	NO		
	L9									185	SI			157	NO		
	L10													159	NO		
	L11													161	NO		
	L12													162	SI		
	L13													164	SI		
	L14													165	SI		
	L15													167	SI		
	L16													168	SI		
	L17													169	SI		
MEDIA		376.50		703.63		281.00		629.40		197.78		679.80		169.00		628.14	
DESVIACIÓN		1.87		1.92		1.58		1.14		29.02		1.30		7.08		1.95	
MAX		378.37		705.55		282.58		630.54		226.80		681.10		176.08		630.09	
MIN		374.63		701.70		279.42		628.26		168.76		678.50		161.92		626.19	
RESULTADO		376.50		703.20		281.00		629.33		188.13		680.25		169.09		628.50	

ABAJO	L1	356	SI	690	NO	270	SI	581	NO	168	NO	655	NO	161	SI	626	SI
	L2	363	SI	689	SI	272	SI	580	SI	169	SI	654	SI	162	SI	627	NO
	L3	375	SI	688	SI	273	SI	579	SI	170	SI	653	SI	163	SI	627	NO
	L4	377	SI	686	SI	274	SI	580	SI	171	SI	651	SI	163	SI	625	SI
	L5	378	SI	686	SI	275	NO	579	SI	172	SI	650	SI	164	SI	626	SI
	L6	379	SI	686	SI	276	NO	578	NO	173	SI	650	SI	165	NO	625	SI
	L7	378	SI			268	NO	578	NO	175	NO	649	NO	166	NO	625	SI
	L8	380	NO			268	NO			170	SI			159	NO	623	NO
	L9	383	NO			269	SI							159	NO		
	L10	345	NO			271	SI							161	SI		
	L11	344	NO											162	SI		
	L12	345	NO											161	SI		
	L13	346	NO														
	L14	348	NO														
HORA		12:50:00				13:12:00				13:36:00				13:59:00			
MEDIA	364.07	687.50		271.60		579.29		171.00		651.71		162.17		625.50			
DESVIACIÓN	15.91	1.76		2.88		1.11		2.27		2.29		2.17		1.31			
MAX	379.98	689.26		274.48		580.40		173.27		654.00		164.33		626.81			
MIN	348.16	685.74		268.72		578.17		168.73		649.43		160.00		624.19			
RESULTADO	372.29	687.00		271.50		579.50		170.83		651.60		162.13		625.40			

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLI. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 12.

P12	Huachi Grande	10/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		12.28%				14.57%				17.91%				19.11%			
AGUA (ml)		150				300				450				600			
SENSOR		R	SI o NO	C	SI o NO	R	SI o NO	C	SI o NO	R	SI o NO	C	SI o NO	R	SI o NO	C	SI o NO
ARRIBA	L1	504	NO	710	NO	388	NO	687	NO	284	NO	657	SI	198	NO	715	NO
	L2	507	SI	708	SI	389	NO	685	SI	283	NO	656	SI	201	SI	711	SI
	L3	509	SI	707	SI	390	SI	684	SI	283	NO	655	NO	202	SI	710	SI
	L4	508	SI	706	SI	391	SI	685	SI	282	NO	656	SI	203	SI	709	SI
	L5	507	SI	705	SI	392	SI	686	SI	255	SI	657	SI	204	SI	704	SI
	L6	509	SI	704	SI	393	SI	683	NO	256	SI			205	NO	703	SI
	L7	511	SI	703	SI	394	SI	683	NO	247	SI					703	SI
	L8	514	NO	702	NO	395	NO			248	SI					701	NO
	L9					396	NO			246	SI					700	NO
	L10									247	SI						
	L11									246	SI						
	L12									247	SI						
MEDIA		508.63		705.63		392.00		684.71		260.33		656.20		202.17		706.22	
DESVIACIÓN		2.97		2.67		2.74		1.50		17.06		0.84		2.48		5.17	
MAX		511.60		708.29		394.74		686.21		277.39		657.04		204.65		711.39	
MIN		505.65		702.96		389.26		683.22		243.28		655.36		199.68		701.06	
RESULTADO		457.98		635.25		348.75		685.00		249.00		656.50		202.50		706.67	

ABAJO	L1	453	NO	708	SI	404	NO	641	NO	280	NO	652	NO	196	SI	671	NO
	L2	454	SI	708	SI	351	SI	640	SI	281	NO	652	NO	198	NO	670	NO
	L3	456	SI	707	SI	354	SI	639	SI	245	SI	651	NO	199	NO	669	SI
	L4	458	SI	706	SI	355	SI	638	SI	247	SI	651	NO	198	NO	668	SI
	L5	459	SI	705	NO	356	SI	637	SI	248	SI	644	SI	198	NO	667	SI
	L6	461	SI	706	SI	357	SI	636	SI	248	SI	644	SI	188	NO	668	SI
	L7	496	SI	709	NO	358	SI	635	NO	249	SI	644	SI	189	NO	666	SI
	L8	497	SI			361	SI			250	SI	642	NO	190	SI	667	SI
	L9	498	NO			362	SI			250	SI	644	SI	191	SI	665	NO
	L10	499	NO			363	SI			251	SI	644	SI	192	SI		
	L11	500	NO							252	SI	644	SI	192	SI		
HORA	10:39:00			11:02:00			11:23:00			11:45:00							
MEDIA	475.55		707.00		362.10		638.00		254.64		646.55		193.73		667.89		
DESVIACIÓN	21.63		1.41		15.19		2.16		12.93		3.98		4.13		1.90		
MAX	497.18		708.41		377.29		640.16		267.57		650.53		197.85		669.79		
MIN	453.92		705.59		346.91		635.84		241.70		642.56		189.60		665.99		
RESULTADO	468.71		707.00		357.44		638.00		248.89		644.00		192.20		667.50		

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 13.

P13	Picaihua	3/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		10.33%				13.31%				15.64%				20.45%			
AGUA (ml)		150				300				450				600			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	497	NO	867	NO	427	NO	859	SI	218	NO	870	NO	177	SI	878	NO
	L2	497	NO	866	SI	428	NO	858	NO	217	SI	869	SI	177	SI	877	SI
	L3	492	SI	865	SI	428	NO	863	SI	216	SI	868	SI	177	SI	877	SI
	L4	493	SI	864	NO	421	SI	864	NO	215	NO	867	SI	178	SI	876	SI
	L5	493	SI			327	SI					867	SI	182	NO	874	NO
	L6					326	SI					866	NO	182	NO		
	L7					323	SI										
	L8					308	NO										
	L9					308	NO										
MEDIA		494.40		865.50		366.22		861.00		216.50		867.83		178.83		876.40	
DESVIACIÓN		2.41		1.29		57.15		2.94		1.29		1.47		2.48		1.52	
MAX		496.81		866.79		423.38		863.94		217.79		869.31		181.32		877.92	
MIN		491.99		864.21		309.07		858.06		215.21		866.36		176.35		874.88	
RESULTADO		492.67		865.50		349.25		861.00		216.50		867.75		177.25		876.67	

																C					
ABAJO	L1	421	SI	849	NO	326	NO	855	NO	220	NO	858	NO	186	NO	835	NO	807	SI	795	SI
	L2	422	NO	848	SI	325	NO	860	NO	210	SI	857	NO	187	NO	826	SI	805	SI	798	SI
	L3	420	SI	847	SI	323	NO	859	SI	210	SI	854	SI	173	SI	822	SI	804	SI	793	SI
	L4	419	NO	846	NO	300	SI	857	SI	209	SI	853	SI	174	SI	825	SI	803	SI	792	SI
	L5					286	SI	856	SI	201	SI	851	NO	175	SI	816	SI	803	SI	787	NO
	L6					286	SI			200	SI	851	NO	173	SI	811	SI	800	SI	787	NO
	L7					287	SI			199	SI			173	SI	812	SI	802	SI	788	NO
	L8					288	SI			198	NO					811	SI	800	SI	784	NO
	L9					289	SI									810	SI	795	SI	782	NO
	L10															814	SI	794	SI	787	NO
HORA		12:47:00				13:09:00				13:31:00				14:15:00							
MEDIA	420.50	847.50		301.11		857.40		205.88		854.00		177.29		811.32							
DESVIACIÓN	1.29	1.29		18.18		2.07		7.66		2.97		6.34		20.20							
MAX	421.79	848.79		319.29		859.47		213.54		856.97		183.63		831.52							
MIN	419.21	846.21		282.93		855.33		198.21		851.03		170.94		791.11							
RESULTADO	420.50		847.50		289.33		857.33		204.83		853.50		173.60		806.00						

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLIII. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 14.

P14	Izamba	10/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		16.71%				19.14%				22.65%				25.80%			
AGUA (ml)		150				300				450				600			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	407	NO	636	NO	311	NO	638	NO	214	NO	678	NO	197	SI	661	NO
	L2	406	NO	635	SI	312	NO	638	NO	215	NO	675	SI	200	SI	660	NO
	L3	408	NO	634	SI	313	NO	636	SI	207	NO	675	SI	198	SI	654	NO
	L4	408	NO	635	SI	312	NO	637	SI	208	SI	673	SI	203	NO	658	SI
	L5	368	SI	632	NO	282	NO	637	SI	209	SI	672	SI	206	NO	655	SI
	L6	369	SI	634	SI	286	SI	634	NO	210	SI	671	NO	194	NO	656	SI
	L7	371	SI			289	SI	635	SI	211	SI			198	SI	655	SI
	L8	373	SI			290	SI			212	SI			199	SI	661	NO
	L9	375	SI			293	SI							200	SI	657	SI
	L10	372	SI			292	SI							197	SI	654	NO
	L11	373	SI			290	SI							198	SI	656	SI
	L12	370	SI			289	SI							199	SI	655	SI
	L13	371	SI			290	SI									655	SI
	L14	372	SI			291	SI										
	L15	374	SI			294	SI										
MEDIA		381.13		634.33		295.60		636.43		210.75		674.00		199.08		656.69	
DESVIACIÓN		16.40		1.37		10.62		1.51		2.82		2.53		3.06		2.53	
MAX		397.54		635.70		306.22		637.94		213.57		676.53		202.14		659.22	
MIN		364.73		632.97		284.98		634.92		207.93		671.47		196.02		654.16	
RESULTADO		371.64		634.50		290.40		636.25		210.00		673.75		198.44		655.88	

ABAJO	L1	330	NO	632	NO	289	SI	640	NO	201	SI	620	NO	174	NO	648	NO
	L2	333	SI	631	SI	286	SI	640	NO	204	SI	617	SI	177	NO	647	SI
	L3	334	SI	630	SI	287	SI	639	SI	206	SI	616	SI	179	NO	647	SI
	L4	335	NO	629	SI	288	SI	638	SI	207	NO	615	SI	180	SI	647	SI
	L5	331	NO	629	SI	297	NO	637	SI	208	NO	614	SI	182	SI	646	SI
	L6	332	SI	628	NO	282	NO	636	SI	198	NO	613	SI	183	SI	644	SI
	L7	333	SI			284	SI	635	NO	201	SI	612	NO	184	SI	648	NO
	L8	334	SI			285	SI			203	SI	612	NO	185	SI	644	SI
	L9	332	SI									613	SI	186	SI	643	NO
	L10	333	SI											183	SI	643	NO
	L11													186	SI		
	L12													188	SI		
	L13													190	SI		
	L14													191	SI		
	L15													192	NO		
	L16													193	NO		
	L17													186	SI		
	L18													189	SI		
	L19													196	NO		
HORA		13:04:00				13:24:00				13:50:00				14:11:00			
MEDIA	332.70	629.83	287.25	637.86	203.50	614.67	185.47	645.70									
DESVIACIÓN	1.49	1.47	4.53	1.95	3.42	2.65	5.69	2.00									
MAX	334.19	631.31	291.78	639.81	206.92	617.31	191.16	647.70									
MIN	331.21	628.36	282.72	635.91	200.08	612.02	179.78	643.70									
RESULTADO	333.00	629.75	286.50	637.50	203.00	614.67	185.62	645.83									

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLIV. Humedad promedio sensor resistivo & capacitivo – Pozo 15.

P15	Atahualpa	2/9/2020															
Cont. Humedad promedio (w%)		12.16%				16.39%				20.15%				25.17%			
AGUA (ml)		0				200				400				600			
SENSOR		R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO	R	SIoNO	C	SIoNO
ARRIBA	L1	948	NO	917	NO	811	SI	843	SI	664	NO	842	NO	367	NO	854	SI
	L2	946	SI	913	SI	811	SI	842	NO	663	SI	842	NO	368	SI	855	NO
	L3	945	SI	912	SI	812	SI	843	SI	662	SI	847	NO	369	SI	854	SI
	L4	944	NO	911	SI	813	NO	843	SI	661	NO	846	SI	370	NO	853	SI
	L5					812	SI					845	SI			852	SI
	L6											845	SI			851	SI
	L7															849	NO
MEDIA		945.75		913.25		811.80		842.75		662.50		844.50		368.50		852.57	
DESVIACIÓN		1.71		2.63		0.84		0.50		1.29		2.07		1.29		2.07	
MAX		947.46		915.88		812.64		843.25		663.79		846.57		369.79		854.64	
MIN		944.04		910.62		810.96		842.25		661.21		842.43		367.21		850.50	
RESULTADO		945.50		912.00		811.50		843.00		662.50		845.33		368.50		852.80	
ABAJO	L1	998	NO	865	NO	906	NO	839	SI	756	SI	812	SI	223	NO	829	NO
	L2	997	SI	864	SI	905	NO	838	SI	758	NO	813	NO	222	SI	831	SI
	L3	996	SI	864	SI	904	NO	839	SI	757	SI	812	SI	221	SI	832	SI
	L4	995	NO	863	SI	903	NO	838	SI	756	SI	811	SI	220	SI	831	SI
	L5			862	NO	829	SI			755	NO	808	SI	219	NO		
	L6					830	SI					808	SI				
	L7					829	SI					807	NO				
	L8					828	SI										
	L9					827	SI										
HORA		10:24:00				10:52:00				11:21:00				11:46:00			
MEDIA		996.50		863.60		862.33		838.50		756.40		810.14		221.00		830.75	
DESVIACIÓN		1.29		1.14		40.02		0.58		1.14		2.41		1.58		1.26	
MAX		997.79		864.74		902.35		839.08		757.54		812.55		222.58		832.01	
MIN		995.21		862.46		822.31		837.92		755.26		807.73		219.42		829.49	
RESULTADO		996.50		863.67		828.60		838.50		756.33		810.20		221.00		831.33	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLV. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 1 a 4.

P1 Totoras								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	C-8	D-8	R-4	6-A	D-1	D-7	H-1	C-6
Cont. Humedad	465.00	421.33	308.00	268.83	164.17	154.60	142.75	129.40
Cont. Humedad promedio	443.17		288.42		159.38		136.08	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	C-8	D-8	R-4	6-A	D-1	D-7	H-1	C-6
Cont. Humedad	873.67	850.00	860.33	862.00	866.00	866.00	865.50	866.33
Cont. Humedad promedio	861.83		861.17		866.00		865.92	

P2 Montalvo								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	F3	P4	C7	F4	M1	M2	2F	M3
Cont. Humedad	530.80	510.00	437.67	422.25	238.33	279.43	232.43	285.67
Cont. Humedad promedio	520.40		429.96		258.88		259.05	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	F3	P4	C7	F4	M1	M2	2F	M3
Cont. Humedad	855.40	842.00	869.50	860.00	863.67	861.00	865.50	859.50
Cont. Humedad promedio	848.70		864.75		862.33		862.50	

P3 Pasa								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	F5	R5	C6	D2	D5	H1	D1	6A
Cont. Humedad	487.50	435.40	157.50	260.67	357.00	216.33	229.86	167.86
Cont. Humedad promedio	461.45		209.08		286.67		198.86	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	F5	R5	C6	D2	D5	H1	D1	6A
Cont. Humedad	863.50	849.00	822.33	801.80	919.67	912.17	893.75	912.00
Cont. Humedad promedio	856.25		812.07		915.92		902.88	

P4 Pilahuín								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	4A	C9	C5	2R	D8	6T	4B	11B
Cont. Humedad	435.88	419.25	278.86	178.00	137.50	140.20	133.00	121.89
Cont. Humedad promedio	427.56		228.43		138.85		127.44	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	4A	C9	C5	2R	D8	6T	4B	11B
Cont. Humedad	832.50	802.75	785.00	735.50	769.63	755.75	755.50	745.75
Cont. Humedad promedio	817.63		760.25		762.69		750.63	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLVI. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 5 a 8.

P5 Juan Benigno Vela

Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	R4	D1	D5	H2	B8	P4	M1	M3
Cont. Humedad	809.00	715.50	541.25	537.33	521.80	441.33	155.00	140.00
Cont. Humedad promedio	762.25		539.29		481.57		147.50	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	R4	D1	D5	H2	B8	P4	M1	M3
Cont. Humedad	801.00	810.00	812.00	808.50	846.50	708.00	847.50	842.25
Cont. Humedad promedio	805.50		810.25		777.25		844.88	

P6 Santa Rosa

Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	D7	2R	M2	R4	B8	F4	C5	D1
Cont. Humedad	736.22	643.88	537.43	435.70	233.40	199.83	189.38	189.33
Cont. Humedad promedio	690.05		486.56		216.62		189.35	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	D7	2R	M2	R4	B8	F4	C5	D1
Cont. Humedad	847.75	847.00	754.00	736.60	711.20	733.75	772.00	772.50
Cont. Humedad promedio	847.38		745.30		722.48		772.25	

P7 Augusto N. Martínez

Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	C-8	R5	P5	6T	6A	H1	2F	4A
Cont. Humedad	511.00	414.27	279.25	283.00	174.50	164.80	151.10	141.63
Cont. Humedad promedio	462.64		281.13		169.65		146.36	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	C-8	R5	P5	6T	6A	H1	2F	4A
Cont. Humedad	658.50	701.33	707.50	689.33	695.50	707.67	709.00	681.25
Cont. Humedad promedio	679.92		698.42		701.58		695.13	

P8 Constantino Fernández

Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	D5	C9	F5	D8	C6	P4	M1	F3
Cont. Humedad	530.00	493.00	353.50	350.83	203.25	173.00	158.75	170.25
Cont. Humedad promedio	511.50		352.17		188.13		164.50	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	D5	C9	F5	D8	C6	P4	M1	F3
Cont. Humedad	714.25	762.33	783.50	776.75	820.75	800.50	794.50	810.50
Cont. Humedad promedio	738.29		780.13		810.63		802.50	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLVII. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 9 a 12.

P9 San Bartolomé de Pinllo								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	D5	F4	D8	C8	F3	H1	P5	4A
Cont. Humedad	848.33	864.67	738.75	764.00	571.20	620.00	312.50	280.80
Cont. Humedad promedio	856.50		751.38		595.60		296.65	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	D5	F4	D8	C8	F3	H1	P5	4A
Cont. Humedad	878.67	871.50	852.75	860.50	849.33	853.00	875.50	864.00
Cont. Humedad promedio	875.08		856.63		851.17		869.75	

P10 Ambatillo								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	C2	D5	P4	F5	6T	D7	D5	2F
Cont. Humedad	348.00	388.21	291.13	295.27	155.56	162.89	153.80	154.63
Cont. Humedad promedio	368.11		293.20		159.22		154.21	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	C2	D5	P4	F5	6T	D7	D5	2F
Cont. Humedad	669.25	655.14	816.00	808.00	772.50	655.22	757.25	780.25
Cont. Humedad promedio	662.20		812.00		713.86		768.75	

P11 Quisapincha								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	R4	H1	4A	D1	6A	B8	D8	C7
Cont. Humedad	376.50	372.29	281.00	271.50	188.13	170.83	169.09	162.13
Cont. Humedad promedio	374.39		276.25		179.48		165.61	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	R4	H1	4A	D1	6A	B8	D8	C7
Cont. Humedad	703.20	687.00	629.33	579.50	680.25	651.60	628.50	625.40
Cont. Humedad promedio	695.10		604.42		665.93		626.95	

P12 Huachi Grande								
Sensor Resistivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	6T	F5	H1	R4	D1	P4	6A	2F
Cont. Humedad	457.98	468.71	348.75	357.44	249.00	248.89	202.50	192.20
Cont. Humedad promedio	463.35		353.10		248.94		197.35	

Sensor Capacitivo								
Ensayo Número	1		2		3		4	
Identificación del recipiente	6T	F5	H1	R4	D1	P4	6A	2F
Cont. Humedad	635.25	707.00	685.00	638.00	656.50	644.00	706.67	667.50
Cont. Humedad promedio	671.13		661.50		650.25		687.08	

Realizo: M. I. Martínez Inca.

TABLA CXLVIII. Humedad promedio resistivo & capacitivo (Resumen) – Pozo 13 a 15.

P13		Picaihua							
Sensor Resistivo									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Identificación del recipiente	F5	M1	P4	C6	C9	6A	3T	11B	
Cont. Humedad	492.67	420.50	349.25	289.33	216.50	204.83	177.25	173.60	
Cont. Humedad promedio	456.58		319.29		210.67		175.43		

Sensor Capacitivo									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Identificación del recipiente	F5	M1	P4	C6	C9	6A	3T	11B	
Cont. Humedad	865.50	847.50	861.00	857.33	867.75	853.50	876.67	806.00	
Cont. Humedad promedio	856.50		859.17		860.63		841.33		

P14		Izamba							
Sensor Resistivo									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Identificación del recipiente	C9	D8	C5	C6	R5	P5	F3	F4	
Cont. Humedad	371.64	333.00	290.40	286.50	210.00	203.00	198.44	185.62	
Cont. Humedad promedio	352.32		288.45		206.50		192.03		

Sensor Capacitivo									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Identificación del recipiente	C9	D8	C5	C6	R5	P5	F3	F4	
Cont. Humedad	634.50	629.75	636.25	637.50	673.75	614.67	655.88	645.83	
Cont. Humedad promedio	632.13		636.88		644.21		650.85		

P15		Atahualpa							
Sensor Resistivo									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Identificación del recipiente	C5	4A	2R	D8	R5	C6	C7	M2	
Cont. Humedad	945.50	996.50	811.50	828.60	662.50	756.33	368.50	221.00	
Cont. Humedad promedio	971.00		820.05		709.42		294.75		

Sensor Capacitivo									
Ensayo Número	1		2		3		4		
Identificación del recipiente	C5	4A	2R	D8	R5	C6	C7	M2	
Cont. Humedad	912.00	863.67	843.00	838.50	845.33	810.20	852.80	831.33	
Cont. Humedad promedio	887.83		840.75		827.77		842.07		

Realizo: M. I. Martínez Inca.