

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO (II COHORTE)

Tema: “LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL PROCESO DE ACABADO (SAND BLAST QUÍMICO) DEL JEANS EN LA EMPRESA LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE DE TRABAJO.”

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster
en Diseño Mecánico

Autor: Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa

Directora: Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

Ambato - Ecuador

2017

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ing. Segundo Francisco Pazmiño Gavilanes, Mg., e integrado por los señores: Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg., Ing. Cristian Fabián Pérez Salinas Mg., y la Dra. Tamara de los Ángeles Liger Manzano, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. y su incidencia en el ambiente de trabajo”, elaborado y presentado por el señor Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa, para optar por el Grado Académico de Magister en Diseño Mecánico; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Segundo Francisco Pazmiño Gavilanes, Mg.
Presidente del Tribunal

Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Cristian Fabián Pérez Salinas Mg.
Miembro del Tribunal

Dra. Tamara de los Ángeles Liger Manzano, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. y su incidencia en el ambiente de trabajo”, le corresponde exclusivamente al: Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa, Autor bajo la Dirección de la Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg., Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa

c.c.: 050291745-3

AUTOR

Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

c.c.: 180428008-7

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa
c.c.: 050291745-3

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	i
A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.....	ii
Autoría del trabajo de investigación.....	iii
Derechos de autor.....	iv
Índice general.....	v
Agradecimiento.....	xv
Dedicatoria.....	xvi
Resumen ejecutivo.....	xvii
Executive summary.....	xviii
Introducción.....	1

CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Contextualización.....	2
1.2.1 Análisis crítico.....	3
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del problema.....	4
1.2.5 Preguntas directrices.....	4
1.2.6 Delimitación del problema.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	6

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.....	7
2.1.1 Antecedentes.....	7
2.2 Fundamentación filosófica.....	8

2.3	Fundamentación legal.....	8
2.4	Categorías fundamentales.....	10
2.4.1	Condiciones ambientales del trabajo.....	10
2.4.2	Condiciones de trabajo en el proceso de acabado del jeans.....	11
2.4.2.1	Riesgos en el área de trabajo.....	12
2.4.2.2	Proceso de acabado del jeans.....	15
2.4.3	Calidad del aire interior en el proceso de sand blast químico del jeans.....	17
2.4.3.1	Calidad del aire interior.....	17
2.4.3.2	Sand blast químico.....	23
2.4.4	Seguridad Industrial.....	26
2.4.5	Sistema de gestión de ambientes interiores.....	26
2.5	Hipótesis.....	26
2.6	Señalamiento de variables.....	27
2.6.1	Variable independiente.....	27
2.6.2	Variable dependiente.....	27

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1	Enfoque.....	28
3.2	Modalidades básicas de la investigación.....	28
3.2.1	De campo.....	28
3.2.2	Bibliográfico.....	28
3.3	Nivel o tipo de investigación.....	29
3.3.1	Exploratorio.....	29
3.3.2	Descriptivo.....	29
3.3.3	Correlacional.....	29
3.4	Población y muestra.....	30
3.5	Operacionalización de variables.....	31
3.5.1	Variable independiente.....	31
3.5.2	Variable dependiente.....	32

3.6 Plan de Recolección de Información.....	33
3.7 Plan de Procesamiento de la Información.....	33

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación.....	34
4.1.1 Diagnóstico de la calidad ambiental interior.....	34
4.1.2 Evaluación de la calidad ambiental interior.....	39
4.1.2.1 Resultado de la valoración de la temperatura.....	42
4.1.2.2 Resultado de la valoración de la humedad relativa.....	43
4.1.2.3 Resultado de la valoración del monóxido de carbono...	44
4.1.2.4 Resultado de la valoración del dióxido de carbono.....	45
4.1.2.5 Resultado de la valoración de las partículas en suspensión.....	46
4.1.2.6 Resultado de valoración según la Norma UNE 171330-2:2014.....	47
4.1.2.7 Resultado de la valoración cualitativa del permanganato de potasio por el método de la nota NTP 936.....	48
4.1.2.8 Resultado de la valoración cualitativa del permanganato de potasio por el método de la nota NTP 937.....	50
4.1.2.9 Análisis e interpretación de la valoración de los parámetros de la inspección de la calidad ambiental interiores del área de sand blast químico.....	51
4.1.3 Análisis de las condiciones al que está expuesto los trabajadores del área de sand blast químico.....	54
4.1.3.1 Análisis de las condiciones mediante la aplicación de la Encuesta.....	54
4.1.3.2 Análisis de las condiciones mediante la aplicación de la “Guía de la entrevista”.....	61
4.1.4 Análisis de medidas preventivas del riesgo químico presente en el área de sand blast químico.....	63

4.2 Verificación de la hipótesis.....	68
4.2.1 Frecuencias observadas (F_o).....	69
4.2.2 Frecuencias esperadas (F_e).....	70
4.2.3 Cálculo del chi-cuadrado (χ^2).....	71

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	73
5.2 Recomendaciones.....	74

CAPÍTULO VI PROPUESTA

6.1 Datos Informativos.....	76
6.2 Antecedentes de la propuesta.....	76
6.3 Justificación.....	77
6.4 Objetivos.....	78
6.4.1 Objetivo General.....	78
6.4.2 Objetivos Específicos.....	78
6.5 Análisis de factibilidad.....	78
6.6 Fundamentación Teórica.....	79
6.6.1 Generalidades.....	79
6.6.2 Dinámica de los fluidos.....	81
6.6.2.1 La ecuación de Bernoulli.....	82
6.6.2.2 Ecuación general de energía.....	85
6.6.2.3 Pérdidas de energía.....	86
6.6.3 Bombas hidráulicas.....	91
6.6.3.1 Bombas hidráulicas.....	91
6.6.3.2 Parámetros de bombas.....	93
6.6.3.3 Carga de succión neta positiva (NPSH – Net Positive Suction Head).....	96
6.6.4 Tanques rectangulares metálicos.....	100
6.7 Desarrollo de la propuesta.....	101

6.7.1	La estructura de la cabina.....	101
6.7.2	Tanques o depósitos de la estructura de la cabina.....	109
6.7.3	Sistema de tubería y la bomba centrífuga de la cabina.....	114
6.7.4	Manual de uso de la cabina con cortina de agua.....	130
6.7.5	Análisis de costos.....	139
6.7.5.1	Costos directos.....	139
6.7.5.2	Costos indirectos.....	141
6.7.5.3	Costo total.....	141
6.7.5.4	Financiamiento.....	141
6.7.6	Construcción e instalación de la cabina con cortina de agua....	142
6.7.7	Conclusiones y recomendaciones de la propuesta.....	142
6.7.7.1	Conclusiones.....	142
6.7.7.2	Recomendaciones.....	143
6.8	Administración.....	144
6.9	Previsión de la evaluación.....	144
	Bibliografía.....	146
	Anexos.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Población para la investigación de la calidad del aire interior....	30
Tabla 4.1 Ficha del inventario.....	35
Tabla 4.2 Matriz de evaluación de riesgos potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores (USOS, ACTIVIDADES).....	37
Tabla 4.3 Matriz de evaluación de riesgos potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores (INSTALACIÓN).....	38
Tabla 4.4 Ficha de inspección a realizare en la calidad ambiental en interiores según la Norma UNE 171330-2.....	40
Tabla 4.5 Medición de la temperatura (T) en la tarea de sand blast químico.....	42
Tabla 4.6 Medición de la humedad relativa (Hre) en la tarea de sand blast químico.....	43
Tabla 4.7 Medición del monóxido de carbono (CO) en la tarea de sand blast químico.....	44
Tabla 4.8 Medición del dióxido de carbono (CO ₂) en la tarea de sand blast químico.....	45
Tabla 4.9 Medición de las partículas en suspensión (PM 2,5) en la tarea de sand blast químico.....	46
Tabla 4.10 Ficha de valoración de los parámetros de la inspección de la calidad ambiental interiores del área de sand blast químico.....	47
Tabla 4.11 Ficha del resultado: riesgo potencial y nivel de control requerido, según la nota NTP 936 del permanganato de potasio.....	49
Tabla 4.12 Ficha del resultado: caracterización del riesgo por inhalación, según la nota NTP 937 del permanganato de potasio.....	50
Tabla 4.13 Pregunta 1.....	54
Tabla 4.14 Pregunta 2.....	55
Tabla 4.15 Pregunta 3.....	56
Tabla 4.16 Pregunta 4.....	57
Tabla 4.17 Pregunta 5.....	58
Tabla 4.18 Pregunta 6.....	59

Tabla 4.19	Pregunta 7.....	60
Tabla 4.20	Descripción de los sistemas de extracción localizada.....	64
Tabla 4.21	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	66
Tabla 4.22	Evaluación de los pesos específico de las distintas soluciones para cada criterio.....	67
Tabla 4.23	Resultado de las prioridades para cada solución.....	68
Tabla 4.24	Frecuencias observadas de la investigación.....	70
Tabla 4.25	Frecuencias esperadas de la investigación.....	70
Tabla 4.26	Chi-cuadrado calculado de la investigación.....	71
Tabla 6.1	Características técnicas tubería de PVC Cédula 80 de 2”.....	116
Tabla 6.2	Propiedades del agua a 20°C.....	117
Tabla 6.3	Resultado de las pérdidas de energía h_L , del sistema de tubería propuesto	121
Tabla 6.4	Características técnicas de la bomba centrífuga de marca comercial “Pedrollo”.....	123
Tabla 6.5	Resultado de las pérdidas de energía h_f , del sistema de tubería de succión propuesto.....	128
Tabla 6.6	Costo de materiales para la fabricación (CMF).....	140
Tabla 6.7	Costo de materiales para la instalación (CMI).....	140
Tabla 6.8	Costos directos (CD).....	141
Tabla 6.9	Costos indirectos (CI).....	141
Tabla 6.10	Costo total (CT).....	142
Tabla 6.11	Desglose del recurso de la investigación.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Categorías fundamentales.....	10
Figura 2.2 Matriz para la determinación de la relación “probabilidad/efecto”.....	18
Figura 2.3 Métodos de análisis y criterios de valoración.....	20
Figura 2.4 Ejemplo de sand blast químico.....	24
Figura 4.1 Valoración de las mediciones obtenidas de la temperatura Vs el valor límite máximo.....	51
Figura 4.2 Valoración de las mediciones obtenidas de la humedad relativa Vs el valor límite máximo.....	51
Figura 4.3 Valoración de las mediciones obtenidas del dióxido de carbono Vs el valor límite máximo.....	52
Figura 4.4 Valoración de las mediciones obtenidas del monóxido de carbono Vs el valor límite máximo.....	52
Figura 4.5 Valoración de las mediciones obtenidas de las partículas en suspensión (PM 2,5) Vs el valor límite máximo.....	53
Figura 4.6 Pregunta 1.....	55
Figura 4.7 Pregunta 2.....	56
Figura 4.8 Pregunta 3.....	57
Figura 4.9 Pregunta 4.....	58
Figura 4.10 Pregunta 5.....	59
Figura 4.11 Pregunta 6.....	60
Figura 4.12 Pregunta 7.....	61
Figura 6.1 Cabina con cortina de agua modelo CAD 300, suministrada por la “Empresa DEOX Máquinas”.....	79
Figura 6.2 Cabina con cortina de agua, suministrada por la “Empresa Besmac Ingeniería S.A.S”.....	80
Figura 6.3 Partes principales de la cabina de cortina de agua.....	80
Figura 6.4 Carga de presión, carga de elevación, carga de velocidad y carga total.....	84

Figura 6.5 Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía.....	85
Figura 6.6 Valores de diseño de la rugosidad de tubos.....	90
Figura 6.7 Clasificación de los tipos de bombas.....	91
Figura 6.8 Vista lateral y frontal de una bomba centrífuga típica.....	93
Figura 6.9 Esquema típico cuando una bomba pasa un fluido de un depósito a otro.....	94
Figura 6.10 Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo del NPSH.....	99
Figura 6.11 Presión de vapor y carga de presión de vapor del agua.....	99
Figura 6.12 Valores de α utilizadas en la fórmula para tanques rectangulares.....	101
Figura 6.13 Área de sand blast químico del jeans, para implementación de la cabina con cortina de agua.....	102
Figura 6.14 Esquema del área de sand blast químico del jeans, disponible para la implementación de la cabina con cortina de agua.....	102
Figura 6.15 Esquema de la estructura para la cabina con cortina de agua...	103
Figura 6.16 Tanque o depósito apoyado en la parte superior de la estructura de la cabina.....	104
Figura 6.17 El material y las condiciones de contorno asignado a la estructura de la cabina.....	106
Figura 6.18 Factor de seguridad de la estructura de la cabina.....	107
Figura 6.19 Forma geométrica del panel guía de la cortina de la estructura de la cabina.....	110
Figura 6.20 Tanque o depósito inferior de la estructura de la cabina.....	111
Figura 6.21 Valores de α obtenido según la relación H/L.....	113
Figura 6.22 Forma geométrica del tanque superior.....	114
Figura 6.23 Esquema del sistema de tubería en serie propuesto para la cabina con cortina de agua.....	115
Figura 6.24 Accesorios y válvulas requeridas para el sistema de tubería propuesto.....	121

Figura 6.25 Esquema representativo de los niveles de los tanques inferior y superior para el sistema de tubería propuesto.....	124
Figura 6.26 Esquema representativo del nivel del fluido al eje de la bomba para el sistema de tubería propuesto.....	128
Figura 6.27 Esquema de la bomba centrífuga y sus partes básicas.....	130
Figura 6.28 Electrobomba centrífuga “Pedrollo” para medios caudales....	131
Figura 6.29 Codo por donde se puede hacer el cebado de la bomba.....	132
Figura 6.30 Conexión propia de la bomba para ingreso del agua para el cebado.....	132
Figura 6.31 Flujograma del funcionamiento de la cabina con cortina de agua.....	134
Figura 6.32 Equipo de protección personal a utilizar por los trabajadores del área de san blast químico (overol, guantes, respirador con filtro).....	137
Figura 6.33 Equipo de protección personal.....	139

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y demostrarme que siempre está a mi lado. A mis padres que son un ejemplo a seguir, a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por abrirme las puertas y poder culminar una etapa más.

A la Ing. Alejandra Lascano por su valiosa dirección, y a la Empresa Denim Ecuador, por permitirme realizar la investigación y apoyarme en la misma.

Y gracias amigo Ing. Andrés Cabrera por la colaboración.

Kléber

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y
sabiduría para culminar con
éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres que están en cada
uno de mis triunfos alcanzados,
y en especial a mi esposa
Gladys y mis hijos Matias y
Monserath que son mi
inspiración para seguir
adelante, y a toda mi familia
que me apoya en las buenas y
en las malas

Kléber

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA/DIRECCIÓN DE
POSGRADO
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE

TEMA:

“La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. y su incidencia en el ambiente de trabajo”

AUTOR: Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa

DIRECTOR: Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

FECHA: 18/07/2017

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda., se realizó una evaluación de la calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, utilizando equipos de medición según la metodología de la Norma UNE de calidad ambiental en interiores, así como también con métodos basados en Notas Técnicas de Prevención reconocidos internacionalmente, identificándose que se debe tomar medidas preventivas de inmediato en esta área de trabajo, especialmente por el uso del permanganato de potasio, para lo cual hay que recurrir a medidas específicas de prevención como es la extracción localizada, el mismo que mediante una análisis por ponderación y por la característica química del permanganato de potasio que es soluble en agua, resulta como prioridad de solución la cabina con cortina de agua. Finalmente se plantea la propuesta de la implementación de una cabina con cortina de agua, el mismo que una vez diseñado, construido y puesta en funcionamiento en el área de sand blast químico, satisface las expectativas para cual fue diseñado.

Descriptor: calidad de aire interior, extracción localizada, permanganato de potasio, sand blast químico, cortina de agua, bomba centrífuga.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA/DIRECCIÓN DE
POSGRADO
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE

THEME:

“The quality of the indoor air in the process of finishing (chemical sand blast) of jeans in the Company Denim Laboratory Ecuador LDEEC Cia. Ltda. and its incidence in the work environment”

AUTHOR: Ing. Kléber Anibal Chiluisa Chiluisa

DIRECTED BY: Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

DATE: 18/07/2017

EXECUTIVE SUMMARY

The present research work was developed at installations of Denim Ecuador Ecuador LDEEC CIA. Ltda., has done an evaluation of the quality of the interior air in the process of finishing (sand blast chemical) of the jeans, using measurement equipment according the methodology of the regulations UNE of environmental quality indoors, as well as methods based on internationally recognized prevention technical notes, identifying that must take preventive measures immediately in this area of work , especially by the use of potassium permanganate, that is one, it is necessary to resort to specific preventive measures as is localized extraction, the same that through of a weighting analysis and by the chemical characteristic of potassium permanganate which is water-soluble, the water curtain cab is the priority for solution. Finally, propose the proposal of the implementation of a water curtain cabin, the same as once designed, built and put into operation in the sand blast chemical area, satisfies the expectations for which it was designed.

Keywords: Indoor air quality, localized extraction, potassium permanganate, chemical sand blast, water curtain, centrífugal pump.

INTRODUCCIÓN

Hoy en la actualidad hay una preocupación de los efectos que puede generar en la salud, por los factores que están involucrado en la calidad del aire, es así que internacionalmente hay organismos que tienen estudios sobre la calidad interior, basados en normas reconocidas a nivel mundial.

En el país también existe una legislación vigente, el cual exige identificar, medir, evaluar y controlar los riesgos que están involucrados dentro del ambiente laboral. Por lo cual es primordial la seguridad y salud de los trabajadores en cualquier actividad a ejecutar.

Es así que en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador, existe una preocupación por mejorar las condiciones laborales de sus trabajadores, especialmente en al área sand blast químico, por lo que existe un interés en evaluar su calidad del aire interior, ya que para el proceso del acabado del jeans utilizan el permanganato de potasio y probablemente sea un riesgo para el trabajador.

Por medio de una metodología basada en Normas y Notas Técnicas de Prevención reconocidas internacionalmente, se puede evaluar las condiciones de riesgo, presentes en la calidad del aire interior, así como también la decisión de tomar medidas preventivas para el nivel de riesgo existente.

Para lo cual este proyecto de investigación pretende evaluar la calidad del aire interior, en el área de sand blast químico, y determinar el nivel de riesgo a cual están expuesto los trabajadores, e identificar la manera de controlar el nivel riesgo existente, según sea el caso.

Como complemento de este trabajo de investigación se diseñó y construyó una cabina con cortina de agua el cual es un sistema eficaz como extracción localizada, el mismo que puede ser útil para aplicaciones donde se utilizan el método de pintura por spray.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA:

“LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL PROCESO DE ACABADO (SAND BLAST QUÍMICO) DEL JEANS EN LA EMPRESA LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE DE TRABAJO.”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

A nivel mundial como muestra de la creciente preocupación acerca de los efectos que sobre la salud tiene los factores que están involucrados en la calidad del aire, los organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, la AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) entre otros, tienen ya legislación, informes y estudios relacionados con la calidad del aire interior y en algunos casos incluyen también apartados específicos del aire exterior, y sobre todo existe mayor interés en la calidad del aire interior en ambientes de trabajo, ya que una calidad deficiente del aire genera muchas consecuencias negativas al trabajador y a la empresa.

Es así que también en Ecuador existe una legislación vigente, el cual exige identificar, medir, evaluar y controlar los riesgos que están involucrados dentro del ambiente laboral, pese a estos controles existen muchos problemas que están afectando a la salud del trabajador esto debido a problemas relacionados con la calidad del aire el cual está inmerso el trabajador. Generando consecuencias desfavorables para el país, del cual se corre el riesgo que se aumente las enfermedades profesionales, influenciados por dicho tema, el mismo que se verá afectado en la productividad del país entre otros factores.

En la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda, de la ciudad de Ambato, no es la excepción de adquirir problemas con sus trabajadores debido a la calidad del aire interior, sobre todo en el área de acabados del jeans especialmente del área de sand blast químico; probablemente generando problemas muy graves a futuro, tanto para el trabajador como para la propia empresa.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

A pesar que en el país existe una legislación vigente sobre temas relacionados con el ambiente de trabajo, existe poco control sobre las autoridades hacia las empresas sobre este tema, esto ha hecho que genere una despreocupación por parte del empleador de mejorar el ambiente de trabajo de sus trabajadores. Esto también ha fomentado en el país el poco interés por desarrollar técnicas o sistemas que puedan prevenir algún peligro al trabajador, debido a la deficiente investigación y difusión sobre el tema, produciendo que la industria del país sea menos competitiva con países desarrollados en cuanto se refiere a temas relacionados con mejorar el ambiente de trabajo.

En el país se ha tomado poca consideración el estudio de la calidad del aire interior, por lo que no existen medidas o sistemas que puedan controlar dicha calidad acorde a cada necesidad del ambiente de trabajo, generando así que el trabajador pueda contraer alguna enfermedad profesional por este tema.

1.2.3 PROGNOSIS

En el caso de que el presente proyecto de investigación no se realice, los trabajadores del área de acabado del jeans especialmente del área de sand blast químico de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador, están expuesto a contraer alguna “Enfermedad Ocupacional” y/o “Incidente Laboral”, debido a la calidad del aire interior, el cual a un futuro podrían generar consecuencias negativas tanto para la empresa como para el trabajador.

Además sin la investigación y el estudio planteado no se podría conocer si existe algunas medidas de prevención que pueda garantizar la calidad del aire interior deseada en dicho ambiente laboral; por lo tanto, no habría ningún interés en el

futuro por seguir investigando sobre el mejoramiento del ambiente laboral y contribuir al desarrollo del país en cuanto se refiere a este tema.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo la calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador, inciden en el ambiente de trabajo?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

Se plantean las siguientes preguntas directrices para guiar a la solución del problema propuesto, las cuales son:

¿Cuál es el diagnóstico de la calidad del aire interior?

¿Cuál será el resultado de la evaluación de la calidad del aire interior?

¿A qué condiciones, está expuesto el trabajador por influencia de la calidad del aire interior?

¿Qué medida preventiva para el riesgo químico presente en la calidad del aire interior, será prioridad?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDO

El estudio a realizarse está enmarcado dentro del campo de la Ingeniería Mecánica, especialmente dentro de las líneas de investigación de la maestría que son ergonomía y diseño mecánico.

1.2.6.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación tiene estudios bibliográficos y de campo, los que se realizará en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, campus Huachi, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, así como también en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda, de la ciudad de Ambato, sector del Parque Industrial.

1.2.6.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL

La presente investigación se desarrollará en un periodo comprendido entre septiembre del 2016 hasta agosto del 2017.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día tener las mejores condiciones de trabajo en el ambiente laboral es lo que pretende los organismos de control tanto internacional como nacional, por lo que existen legislaciones vigentes, sin embargo en algunos casos no existe la aplicación de dichas normativas, los cuales pueden traer consecuencias negativas tanto para las empresas como para el trabajador; es así que con esta investigación se pretende contribuir a mejorar el ambiente laboral, en este caso de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda; especialmente a los trabajadores del proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, con la evaluación la calidad del aire interior, para determinar el nivel de riesgo existente, y plantear medidas preventivas según sea el caso.

Otro aspecto que justifica también es la factibilidad de realización, ya que se cuenta con todos los recursos necesarios para desarrollar la investigación, aportando todos los conocimientos adquiridos para un bien común entre Academia e Industria.

Además dentro de las líneas de investigación propuestas por la Universidad Técnica de Ambato que es, solucionar problemas existentes en la industria del centro del país, mediante la incorporación de la ergonomía en procesos de manufactura industrial; en este caso en la industria textil, el cual tiene muchos problemas por resolver.

Por todos estos aspectos mencionados anteriormente, el desarrollo de esta investigación está justificado.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Estudiar la calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. y su incidencia en el ambiente de trabajo.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diagnosticar la calidad del aire interior, mediante el uso de la Norma UNE 171330-1 y UNE-EN 689:1996.
- Evaluar la calidad del aire interior, mediante el uso de la Norma UNE 171330-2 y el método de la NTP 937.
- Determinar las condiciones, al que está expuesto el trabajador por influencia de la calidad del aire interior, mediante el uso de la encuesta.
- Plantear una alternativa como medida preventiva del riesgo químico presente en la calidad del aire interior.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1 ANTECEDENTES

Después de revisar información bibliográfica que se relacione con el tema de estudio, se ha encontrado que en el trabajo de investigación aplicado en un ingenio azucarero, analiza el factor de riesgo químico mediante el método de la Nota Técnica de Prevención NTP 750, para evaluación de sustancias químicas por inhalación utilizando tablas del método y datos de las hojas de seguridad de las sustancias, del cual se concluye que este método es muy satisfactorio para evaluación de sustancias químicas mediante las hojas de seguridad de las sustancias. (Cabrera, 2010).

Así como también en el trabajo de investigación aplicado en una industria licorera, evalúa el riesgo químico por inhalación y manipulación, mediante el método de la nota NTP 750, obtenido resultados satisfactorios con este método (López, 2013). Cabe recalcar que esta Nota Técnica de Prevención por su gran utilidad, ha sido ampliada en las notas NTP 935, 936 y 937, que hoy en la actualidad tienen gran acogida para investigaciones sobre estos temas.

En estudios o investigaciones referentes sobre la calidad de aire se observa que recomiendan desarrollar sistemas mecánicos para atenuar o controlar los compuestos químicos que afectan en la calidad del aire (Panimboza, 2014).

Con relación a la investigación sobre la calidad en ambientes interiores la entidad privada como la “Asociación Española de Normalización y Certificación” (AENOR) ha publicado varias normas con relación a este tema, que serán de gran ayuda para esta investigación.

Hay que considerar que dentro de la empresa especialmente en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, no se ha realizado ningún tipo de estudio sobre la calidad del aire interior, y aún menos en otras empresas de la industria textil, por lo que el presente estudio es referente para futuras investigaciones.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El desarrollo de la presente investigación se fundamentará mediante el *paradigma crítico propositivo*, porque; este paradigma se lo plantea como una alternativa para la investigación, debido a que privilegia la interpretación, comprensión y explicación de los fenómenos o variables involucrados.

Es crítico porque analiza la realidad, induce a la crítica reflexiva en los diferentes procesos del conocimiento, y es propositivo porque se plantea alternativas de solución.

Se parte del problema real de la empresa, enfocado a la calidad del aire interior que están expuestos los trabajadores del proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, y sin duda se obtendrá conclusiones y recomendaciones valiosas para que los trabajadores puedan desenvolverse en un ambiente sano y adecuado dentro de los parámetros establecidos.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

En la parte legal existen infinidad de normas, notas técnicas de prevención, leyes, reglamentos que previenen y controlan la higiene, seguridad y salud de los trabajadores, por lo que la presente investigación tiene mayor énfasis en las siguientes:

- Constitución Política del Ecuador. Art. 326, numeral 5, que indica: Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Decisión 548. Art. 18. Todos los trabajadores tienen derecho de desarrollar sus labores en un ambiente de trabajo adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su salud, seguridad y bienestar.

- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Decisión 548. Art. 26. El empleador deberá tener en cuenta, en las evaluaciones del plan integral de prevención de riesgos, los factores de riesgo que puedan incidir en las funciones de procreación de los trabajadores y trabajadoras, en particular por la exposición a los agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales, con el fin de adoptar las medidas preventivas necesarias.
- Código de trabajo. Art. 410. Obligaciones respecto de la prevención del riesgo. Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o vida.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393. Art. 53, literal 1. En los locales de trabajo y sus anexos se preocupará mantener, por medios naturales o artificiales, condiciones atmosféricas que aseguren un ambiente cómodo y saludable para los trabajadores. Así como también el literal 4. En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción, su transmisión, y sólo cuando resultaren técnicamente imposible las acciones precedentes, se utilizaran los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante.
- Norma UNE 171330-1, Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.
- Norma UNE 171330-2, Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior:
- Norma UNE 171330-3, Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistema de gestión de los ambientes interiores.
- Norma UNE-EN 689:1996, Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de la medición.
- NTP 935: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (I). Aspectos generales.

- NTP 936: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials.
- NTP 937: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS.

2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

En la Figura 2.1 se indica las categorías fundamentales de la variable independiente como dependiente del problema a investigar, el cual contienen fundamentación teórica valiosa para la presente investigación, el mismo que ayuda a analizar y entender los comportamientos del fenómeno a estudiar.

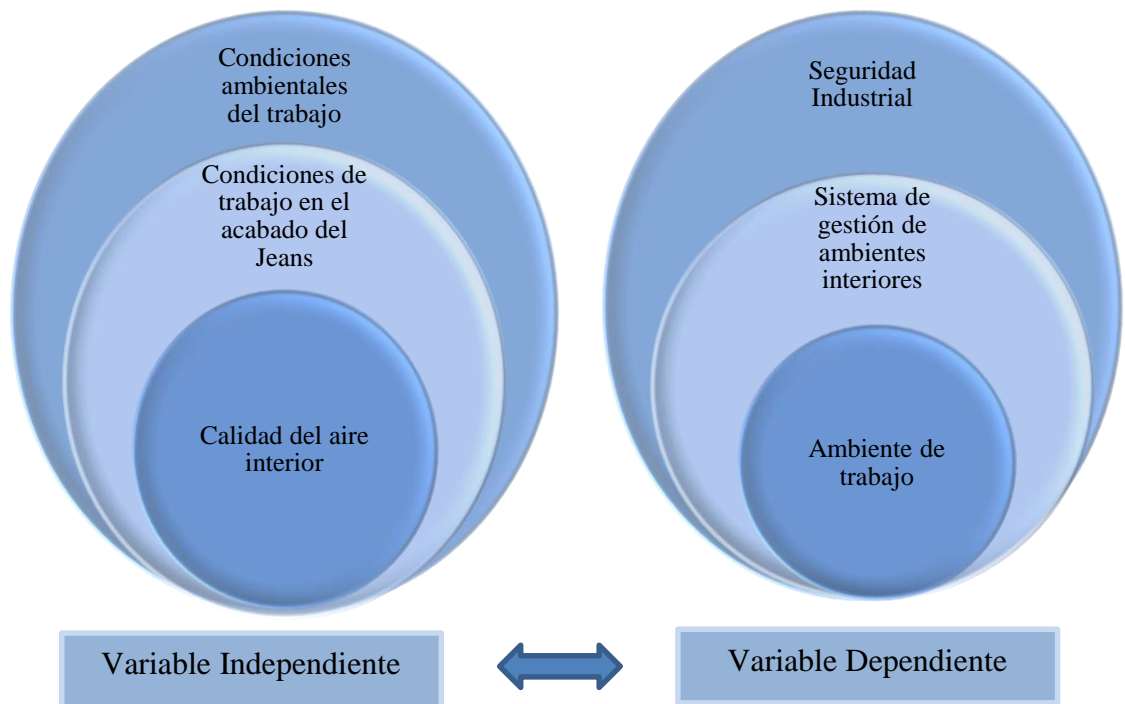


Figura 2.1. Categorías fundamentales
Fuente: Autor

2.4.1 CONDICIONES AMBIENTALES DEL TRABAJO

Según el Real Decreto 486 (1997), en el que establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, emitido por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), en su artículo 7 sobre las condiciones ambientales dice: “la exposición a las condiciones ambientales de los

lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores”.

Así como también en el artículo de las Notas Técnicas de Prevención (NTP) 243 (1989) sobre ambientes cerrados: calidad del aire emitida por el INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) dice: en el ámbito de las condiciones de trabajo, tiene cada vez mayor incidencia el aspecto relacionado con la calidad del aire interior. Ya que en la práctica los efectos son capaces de alterar tanto la salud física como la mental del trabajador, provocando un mayor estrés y con ello una disminución del rendimiento laboral.

Sobre todo indica que la calidad del aire en el interior es en función de una serie de parámetros como son, la calidad del aire exterior, la compartimentación, el diseño del sistema de aire acondicionado, las condiciones en que este sistema trabaja y la presencia de fuentes contaminantes y su magnitud.

Evidentemente, el aire del interior no debe contener contaminantes en concentraciones superiores a aquellas que puedan perjudicar la salud o causar disconfort a sus ocupantes.

2.4.2 CONDICIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE ACABADO DEL JEANS

Según la autora Delgado (2012), en su investigación de doctorado menciona que: las condiciones de trabajo determinan la vida y la salud de las personas, es así que la “Organización Internacional del Trabajo” y la “Organización Mundial de la Salud” define como *condición de trabajo* a “cualquier característica del trabajo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores”. Así como también dice: “ningún trabajador debería correr riesgos de sufrir accidentes en el trabajo, y que todas las empresas deben cumplir con unos requerimientos mínimos de salud y seguridad en las condiciones de trabajo”.

2.4.2.1 Riesgos en el área de trabajo

a) Riesgo químico

En la tesis del autor Leones (2011), manifiesta: “el *riesgo químico* es aquel riesgo susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades. Los productos químicos tóxicos también pueden provocar consecuencias locales y sistemáticas según la naturaleza del producto y la vía de exposición”.

b) Contaminantes químicos

Del programa del curso de los autores Sevilla y Gonzales (2003), se puede resumir lo siguiente:

Se consideran *agentes químicos* a las sustancias orgánicas o inorgánicas, naturales o sintéticas y carentes de vida propia, que estando presente en el medio laboral puedan ser absorbidas por el organismo y causar efectos adversos a las personas expuestas.

Los agentes químicos se pueden clasificar según su forma molecular en:

Gases: que son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene.

Líquidos: como su nombre lo dice están en estado líquido.

Vapores: estos proceden de un proceso de evaporación y en condiciones normales de presión y temperatura.

Aerosoles: son aquellas dispersiones de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso (aire). Dentro de este tipo pueden ser:

- *Aerosoles líquidos (nieblas)*: que es una suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido.
- *Aerosoles sólidos*: estos se presentan en el aire en forma de pequeñas partículas que pueden hallarse en suspensión, de las cuales pueden ser los siguientes:

- a) *Polvos*: que es una suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño procedentes de procesos de disgregación o mecánicos.
- b) *Fibras*: el diámetro de las partículas es menor a un tercio de su longitud.
- c) *Humos*: es la suspensión en el aire de partículas sólidas que provienen de procesos de combustión incompleta, de origen térmico.

Las principales vías de entrada por las que una sustancia química presentes en el ambiente de trabajo puede ser absorbida por el organismo son:

- Vía respiratoria o pulmonar.
- Vía dérmica o cutánea
- Vía digestiva
- Vía parenteral

Para la *evaluación de la exposición a agentes químicos*, en el caso de que sean las sustancias químicas las causantes de un posible efecto adverso en la salud del trabajador, las actuaciones que permiten valorar el riesgo existente serán las siguientes:

- Identificar el o los contaminantes
- Medir la concentración ambiental
- Comparar con los criterios de valoración
- Valoración del riesgo.

Para *identificar el o los contaminantes*, se debe recopilar la información necesaria que permita conocer la magnitud y características del riesgo existente. Las fuentes de información a las que se puede recurrir son básicamente las siguientes:

- Fichas de seguridad de productos
- Materias primas utilizadas
- Procesos seguidos
- Bibliografía relacionada

Es decir se deberán determinar las causas por las que el contaminante se encuentra en el ambiente de trabajo. Es muy importante localizar los focos de emisión de los contaminantes, así como las zonas de posible inhalación del mismo.

En la *medición de concentraciones ambientales*, hay que tomar en cuenta que la exposición ocasionada por un contaminante químico es determinada mediante el cálculo de la concentración ambiental del contaminante durante el tiempo de exposición, es decir las concentraciones suelen variar con el tiempo, por lo que el valor final emitido corresponde al *valor medio* durante el tiempo de exposición.

Los resultados de las concentraciones se suelen expresar en miligramos por metro cúbico (mg/m^3) para aerosoles, y en parte por millón volumétricas (*ppm*) para gases o vapores.

La medición de la concentración de los contaminantes químicos en el medio ambiente laboral ha de tener en cuenta el tipo de contaminante, la duración de la medición y la localización de la medición.

Otro aspecto importante a considerar en los agentes químicos son los *criterios de valoración*, ya que estos son las referencias utilizadas para comparar los resultados obtenidos en una medición. Los criterios de valoración establecen valores límites que o bien deben cumplirse porque se trata de normas reglamentarias, o bien se trata de criterios técnicos que proponen valores de referencia fijados para proteger a la mayoría de la población.

Los criterios de valoración técnicos no definen nunca una frontera entre condiciones de trabajo seguras y condiciones de trabajo peligrosas para la salud, sino que establecen una referencia con la que se asegura que la mayoría de los trabajadores no verán alterados su salud.

Entre los criterios técnicos más ampliamente utilizados se puede destacar los siguientes:

- TLV's (Thershold Limit Value), o Valores Límites Umbral, para agentes químicos expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponer sin sufrir efectos adversos (NTP 244, 1989).

Y para las acciones de *control de las exposiciones* de la concentración de contaminante químico que inhala la persona expuesta deben dirigirse a lo siguiente:

- Acción sobre el foco contaminante
- Acción sobre el medio
- Acción sobre el receptor.

2.4.2.2 Proceso de acabado del jeans

En la actualidad la fabricación de pantalones de jeans ha progresado, es así que ya no sólo es de tipo tradicional, ahora se hacen efectos especiales, los cuales van de acuerdo a la moda o del look de la prenda. Para realizar estos efectos, primeramente se lavan las prendas para eliminar la parte de goma que utilizan los fabricantes del jeans para poder manipularla correctamente , luego se realizan dichos efectos para generar una apariencia como si estuvieran desgastados o usados, generalmente lo realizan en el área donde más se desgasta un pantalón de uso común (Estrada, 2014).

El término *acabado*, hace referencia al cambio de apariencia que se la hace a una prenda después de ser confeccionada, entre estos cambios de apariencia existe el principal que es la degradación del color (Estrada, 2014).

Además según el autor Estrada (2014), en su investigación realiza un análisis general de los procesos para ejecutar los acabados especiales en los pantalones, estos procesos pueden distribuir en varios tipos de lavado o acabados, dependiendo de los efectos como de la manera en que se pueden realizarse los cuales pueden ser: de forma mecánica o química, incluso de la combinación de ambos. Existen varios procesos vigentes empleados para poder cumplir con las exigencias de moda, algunos de estos procesos se puede resumir en las siguientes formas de tratamiento.

- *Stone wash/lavado con piedra*

El lavado con piedra es un proceso de fabricación textil, donde se utiliza la piedra pómez más agua en un determinado tiempo, esto se lo realiza con el fin de dar envejecimiento o de uso en las prendas. Es decir es una pérdida homogénea de color el cual es producido en la prenda dejando puntos más blancos apareciendo en su superficie de manera aleatoria, el contraste de dichos puntos blancos y la superficie azul, indica la intensidad del lavado.

- *Stone washed/piedra y enzima*

El proceso de acabado piedra y enzima proporciona un alto efecto de envejecimiento a la prenda, en un periodo de tiempo más corto por la mezcla de piedra pomez y enzima tipo celulosas.

- *Rain color/Stone en seco*

El proceso de Stone en seco mezcla la acción mecánica del stone con un producto blanqueador que puede ser el permanganato de potasio o hipoclorito de sodio, logrando un efecto nevado-nevado (frosted) en las prendas o pantalones.

- *Snow Bleach/degradación de color*

Este proceso consiste en degradar totalmente el color en las prendas, para cual utiliza productos blanqueadores como el permanganato para lycras y el cloro para algodón.

- *Acid wash/lavado ácido*

El proceso de lavado ácido se lo realiza con piedra pómez más permanganato de potasio y en un determinado tiempo, en el cual las prendas son sometidas al proceso de permanganato en inmersión, logrando así un aspecto poroso en el color de las prendas.

- *Sand paper/lijado*

Este proceso por abrasión donde se utiliza la lija de agua, el cual debe ser aplicado directamente por el operador sobre la prenda a ser procesada, esta prenda esta previamente fijada en una base o en aparatos que inflen, logrando así un acabado como usado o desgastado en las prendas.

- *Sand blast químico*

Este proceso es por abrasión, al cual también se le conoce como esponja, es un proceso de oxidación provocado por la aplicación de permanganato de potasio sobre la zona deseada, el cual puede ser aplicado en spray, con el cual se obtiene una apariencia de desgastado en las prendas (Rodríguez, 2011).

2.4.3 CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL PROCESO DE SAND BLAST QUÍMICO DEL JEANS

2.4.3.1 Calidad del aire interior

Según la “Ley de Protección Ambiental” (1994), dice: “se entiende por *calidad del aire* la adecuación a niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que las produzcan, que garanticen que las materias o formas de energía, incluidos los posibles ruidos y vibraciones, presentes en el aire no impliquen molestia grave, riesgo o daño inmediato o diferido, para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza”.

Una buena calidad del aire interior mejorar el bienestar personal así como también la salud de sus empleados, es decir las instalaciones con buena calidad del aire ofrecen, sin duda alguna, entorno de trabajo más productivo.

A continuación se describe un breve resumen de las normas utilizadas para el diagnóstico y la evaluación de la calidad ambiental en interiores los cuales son las siguientes.

- a) *Norma UNE 171330-1 (2008), Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.*

Esta norma UNE (Acrónimo de “Una Norma Española”) tiene como objeto describir una metodología para la elaboración de un diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores.

Dicho diagnóstico tiene implicaciones en la prevención de riesgos ambientales para la salud en general, y en concreto para la salud pública en edificios e instalaciones.

El campo de aplicación de la norma son los ambientes interiores de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones.

La metodología de la Normas UNE 171330-1, sugiere que se debe realizar un estudio documental con la visita “*in situ*”, de los siguientes aspectos más importantes:

- Ubicación del edificio
- Usos, actividades y distribución del edificio
- Materiales de construcción
- Instalación del edificio:
 - Instalaciones de acondicionamiento de aire
 - Instalaciones de agua
 - Instalaciones de salubridad
 - Instalación de transporte vertical y comunicación entre plantas
 - Instalación de electricidad y de telecomunicaciones
 - Almacenes y salas de usos especiales
- Mantenimiento del edificio
- Remodelación del edificio

Dentro de estos parámetros se debe realizar una identificación o un inventario de aspectos o elementos que interaccionan con la calidad ambiental de interiores, es decir este será un parámetro crítico, el cual se debe valorar detalladamente. Para la decisión de su valoración la Norma UNE 171330-1 sugiere se procede a la decisión con la “Matriz de evaluación de riesgo potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores”. Para ello se aplicará la metodología basada en la relación “*probabilidad/efecto*”; que es, la probabilidad de que un determinado aspecto afecte negativamente a la calidad ambiental interior y los efectos que implicaría.

En la Figura 2.2, se indica la matriz para la determinación de la relación “*probabilidad/efecto*”, según la Norma UNE 171330-1, aplicado al diagnóstico de riesgo potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores.

Probabilidad Efectos	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar

Figura 2.2. Matriz para la determinación de la relación “*probabilidad/efecto*”

Fuente: AENOR, UNE 171330-1, 2008

b) *Norma UNE 171330-2 (2014), Calidad ambiental en interiores. Parte 2:
Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior:*

Esta norma tiene como objeto describir la metodología a seguir para la realización de una inspección de la calidad ambiental interior de las instalaciones. Así como también establece los criterios de valoración para la evaluación de calidad ambiental interior.

Los parámetros mínimos que hay que medir o valorar en la inspección de la calidad ambiental interior, según la norma son:

- 1) Evaluación higiénica de los sistemas de climatización.
- 2) Temperatura y humedad relativa.
- 3) Dióxido de carbono.
- 4) Monóxido de carbono.
- 5) Partículas en suspensión por gravimetría (PM_{2,5}).
- 6) Conteo de partículas en suspensión (0,5 µm y 5µm).

Cabe recalcar que se debe valorar los parámetros críticos, hallados previamente en el diagnóstico de la calidad ambiental interior, según la norma mencionado anteriormente.

La *Norma UNE 171330-2*, sirve no sólo para proteger la salud de los usuarios sino también su bienestar y confort, por lo que la estructura del modo de valoración de resultados se basa en dos criterios:

Criterio confort: es un valor muy restrictivo cuyo objetivo es asegurar que el ambiente interior no resultará molesto para la mayoría de los ocupantes. Es decir admite superaciones inferiores al 25% de las lecturas realizadas y siempre que se conozcan las causas y se hayan establecidos acciones correctoras específicas.

Criterio Valor límite: Representa una concentración o valor absoluto que no debe sobrepasarse nunca y que en caso de superarse una sola vez y para un único parámetro supondría una “No Conformidad” total del edificio o instalación estudiada. Estos son indicadores basados en los valores límites oficiales de prevención de riesgo laborales.

En la Figura 2.3 se indica los métodos de análisis y criterios de valoración para los parámetros mínimos que hay que medir o valora en la inspección de la calidad ambiental interior según la Norma UNE 171330-2.

PARÁMETRO	MÉTODO	CRITERIO DE VALORACIÓN		
		Criterio Confort Se acepta hasta un 25% de superaciones)	Criterio Valor límite máximo	Norma/reglamento de referencia
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	Inspección visual. Lista de chequeo tipo según el anexo B para UTAs	Ausencia de suciedad visible	No aplica	UNE 100012
	Requisitos de la Norma UNE 100012 para conductos	Según norma UNE 100012	No aplica	UNE 100012
Temperatura y humedad relativa ¹⁾	Equipos de medición directa	Temperatura Primavera-Verano: 23-25 °C 30-70% Otoño-Invierno: 21-23 °C 30-70%	Valores límites máximos solo para temperatura (todo el año) 17-27 °C	RITE (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios). ²⁾ Valores límite Real Decreto 486/1997 ³⁾
Dióxido de carbono	Medición directa mediante sonda infrarrojos	Interior-exterior < 500 ppm	Valor límite máximo: 2 500 ppm	UNE-EN 13779:2005 Valor límite 50% VLA del INSHT
Monóxido de carbono	Célula electroquímica	< 5 ppm	Valor límite máximo: 09 ppm	Real Decreto 102/2011 Valor límite 75% VLA del INSHT
Partículas en suspensión (PM 2,5)	Gravimetría NIOSH Medición directa. Equipo de difracción de rayos láser	< 20 µg/m ³	Valor límite máximo: 1 000 µg/m ³	Real Decreto 102/2011 Valor límite 10% VLA del INSHT
Conteo de partículas		Clase ISO 9 < 35 200 000 part de 0,5 micras/m ³ < 293 000 part de 5 micras/m ³	No aplica	UNE-EN ISO 14644-1:2000 Clasificación de la limpieza del aire
Bacterias y hongos en suspensión	SAS (por impactación)	Bacterias < 600 ufc/m ³ Hongos < 200 ufc/m ³	No aplica	No aplica
		Cuando se superen estos valores se deben tener en cuenta los valores exteriores según la tabla 3		

1) Para entornos con tasa de actividad metabólica de 1,2 met, grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno dando un PPD del 10% al 15%.

2) Para entornos que no cumplan estas condiciones aplicar la Norma UNE-EN ISO 7730.

3) La valoración de la HR puede variar cuando el edificio sea de construcción posterior a la entrada en vigor del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, y en función del criterio del técnico que realiza la inspección en edificios con riesgos especiales, por ejemplo de lipootrofia.

Figura 2.3. Métodos de análisis y criterios de valoración
Fuente: AENOR, UNE 171330-2, 2014

En sí, esta norma describe la parte de valoración e inspección como continuación al proceso de diagnóstico descrito en la Norma UNE 171330-1, aportando la

metodología a aplicar en la valoración de los aspectos ambientales mediante la inspección y toma de muestra de contaminantes del ambiente interior.

- c) *Norma UNE-EN 689:1996 (2009), Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de la medición.*

El objetivo y campo de aplicación de esta Norma Europea (EN), es proporcionar las directrices para la evaluación de la exposición a los agentes químicos en las atmósferas de los lugares de trabajo. Además expone un sistema general de evaluación, y en sus anexos, varios procedimientos acerca de la estrategia de muestreo, ofreciendo, por lo tanto, criterios tanto para la evaluación cualitativa como para la evaluación cuantitativa de la exposición a agentes químicos.

Esta norma comprende como un primer paso esencial la identificación de las exposiciones potencialmente peligrosas, para lo cual consiste en la preparación de una lista de todos los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, seguidamente de los factores determinantes de la exposición (tares, ciclos, tipos de operación, localización de la fuente de emisión, presencia de medidas de prevención, etc.), y la evaluación de la exposición que es la interacciones entre ambos, para lo cual puede llevarse a cabo en tres etapas:

- Estimación inicial
- Estudio básico
- Estudio detallado

Sin embargo la norma indica que *no siempre es necesario llevar a cabo cada una de las etapas de la evaluación. Si se prevé que la exposición excede el valor límite, o si claramente se determina que la exposición está muy por debajo de este valor, la evaluación de la exposición laboral puede darse por finalizada emitiendo sus respectivas conclusiones de la evaluación.*

Además la norma menciona que *cuando se sospeche que los niveles de exposición son claramente inferiores o superiores a los valores límites, la confirmación de*

estas situaciones pueden realizarse mediante el uso de técnicas que se aplican fácilmente y que pueden no ser tan precisas. Otras posibilidades serían las mediciones en el caso más desfavorable, los muestreos próximos a las fuentes de emisión, o las mediciones para realizar evaluaciones aproximadas. Por consiguiente, es frecuente en estos casos que la evaluación de la exposición laboral pueda concluirse sin investigaciones adicionales.

En la Nota Técnica de Prevención 935 (Cavallé, 2012), que se fundamenta principalmente en la norma UNE-EN 689:1996, dice: *la estimación inicial* consiste en recopilar la máxima información cualitativa acerca de las variables condicionantes de la exposición (peligrosidad intrínseca y condiciones de trabajo). En algunos casos (normalmente los extremos, de muy elevado o muy bajo riesgo), *el técnico de seguridad e higiene podrá determinar con esta información que el riesgo es aceptable o bien que no lo es y en consecuencia deben implantarse medidas preventivas sin necesidad de evaluar de forma más detallada.* Este juicio del técnico puede realizarse de forma menos subjetiva y más sistemática mediante la aplicación de modelos cualitativos o simplificados de evaluación, facilitando la toma de decisiones respecto a las medidas preventivas.

Según la Nota Técnica de Prevención (NTP) 935, los modelos de evaluación se basan en la asignación de puntuaciones o niveles de algunas de las siguientes variables, según sea el modelo, las cuales son:

- Peligrosidad de los agentes químicos
- Frecuencia de la exposición
- Duración de la exposición
- Cantidad de agente químico utilizado o presente
- Características físicas del agente
- Forma de uso
- Tipo de medida de control existente
- Otras...

El resultado es una categorización en distintos niveles de riesgo, que determinan si el riesgo es o no aceptable y, en ocasiones, el tipo de medidas preventivas a aplicar.

Así como también menciona la NTP 935, dos tipos de modelos principales, los cuales la diferencia entre los dos tipos de modelos son: los que estiman el riesgo potencial de exposición (no incluye como variable de entrada las medidas preventivas tomadas) y lo que estiman el riesgo esperable de exposición (estima el riesgo final, tal como es, es decir, considerando las medidas ya implantadas si las hay).

Del primer tipo es representativo el modelo británico COSHH Essentials (Control of Substances Hazardous to Health), publicado por Health and Safety Executive, (ver NTP 936) y del segundo, el modelo francés publicado por el INRS (Institute National de Recherche et Sécurité) (ver NTP 937), del cual a partir de éstos se han publicado otros modelos.

2.4.3.2 Sand blast químico

Según el autor Estrada (2014), este es un proceso utilizado para imitar los desgastes que se forman en los pantalones durante su uso, generalmente son en el muslo, cierres, bolsillos, etc. Se puede realizar por métodos químicos o físicos sobre la prenda. El método o sistema más utilizado se lo realiza a través de una pistola de aire comprimido con *permanganato de potasio* el cual da un acabado más blanco, esta intensidad del efecto es determinado por la concentración del baño de permanganato o del chorro hecho con pistola de aire, el cual debe ser regular y sin salpicaduras, aplicándose generalmente en piezas ya estonadas y secas sin pliegues o arrugas.

Hay que tomar en cuenta que la concentración de permanganato de potasio se aplica con pistola de aire comprimido similar a la aplicación de pintura, para regular y hacerlo de forma más uniforme.

La Figura 2.4 muestra un ejemplo de la aplicación del proceso de sand blast químico, es decir la aplicación de permanganato de potasio con la pistola de aire comprimido sobre un pantalón jeans.



Figura 2.4. Ejemplo de sand blast químico
Fuente: www.wearona.com

Debido a que el *permanganato de potasio* es el principal compuesto químico utilizado en el sand blast químico del jean; a continuación se describe un resumen de la hoja de datos de seguridad del permanganato de potasio obtenido de la página web de la “Asociación Gremial de Industriales Químicos de Chile” (ASIQUM, 2007) y del “Departamento de Salud de New Jersey”.

Nombre químico: Permanganato de potasio

Fórmula química: KMnO_4

Generalidades: El permanganato de potasio es un sólido cristalino purpura, *soluble en agua*. Es utilizado como reactivo en química orgánica, inorgánica y analítica; como blanqueador de resinas, ceras, grasas, aceites, algodón y seda; en teñido de lana y telas impresas; en el lavado de dióxido de carbono utilizado en fotografías y en purificación de agua.

Marca en etiqueta: Oxidante

Clasificación de riesgos del producto químico:

Salud: 1

Inflamabilidad: 0

Reactividad: 0

Frases de Riesgo

R8: Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

R22 o H302: Nocivos por ingestión.

Límites de exposición laboral

ACGI: El límite recomendado de exposición en el aire es de $0,03 \text{ mg/m}^3$ (como fracción respirable), como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

Riesgo para la salud de las personas.

El permanganato de potasio es un poderoso oxidante y causa severas quemaduras en la piel y en los ojos. Al ser ingerido puede causar hemorragias internas. Con altas concentraciones, el permanganato es corrosivo para los tejidos.

La *inhalación* de los vapores o niebla puede causar irritación de la nariz y de la garganta. Altas concentraciones pueden producir edema pulmonar.

El *contacto con la piel* causa quemaduras graves en la piel. Si la concentración es mayor, el efecto es el de un corrosivo.

El *contacto con los ojos* causa quemaduras graves en los ojos. El efecto puede darse con retardo.

Riesgo para el medio ambiente

Es peligro para la vida acuática animal en bajas concentraciones.

Precauciones a tomar para evitar daños al medio ambiente: Recupere con palas y el residuo diluirlo con grandes cantidades de agua antes de permitir la entrada en ductos de alcantarillado.

Método de limpieza: La dilución con grandes cantidades de agua en este caso es un método efectivo de limpieza.

Precauciones a tomar: Tenga agua en cantidad para diluir en caso de emergencia.

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: Use siempre la protección personal para evitar el contacto con el permanganato de potasio.

Guantes de protección: De neopreno, butilo o PVC, de puño largo.

Toxicidad a corto plazo: Esta dado por el carácter fuertemente oxidante del permanganato.

Información ecológica: Degradable de inmediato por cuanto reacciona rápidamente y produce oxígeno y agua.

2.4.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL

Para el autor de la tesis Verdugo P. (2013), la seguridad industrial es “el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los riesgos en el trabajo a los cuales están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con el motivo de su actividad laboral. Por tanto, es importante establecer que la seguridad es un instrumento de prevención de los riesgos”.

2.4.5 SISTEMA DE GESTIÓN DE AMBIENTES INTERIORES

El sistema de gestión de ambientes interiores debe estar enfocado en implementar, mantener y mejorar de manera continua la calidad ambiental en interiores; por lo que se requiere tomar decisiones sobre medidas preventivas, según el nivel de riesgo existente, de acuerdo al diagnóstico y a la evaluación de la calidad del aire interior.

Sin duda alguna la importancia de las medidas preventivas, garantiza la calidad ambiental en interiores; pero cabe recordar la prioridad del control de riesgo que es: la fuente, el medio y por último el individuo; criterios muy importantes para plantear medidas preventivas.

2.5 HIPÓTESIS

La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa LDEEC Cia. Ltda. inciden en el ambiente de trabajo.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa LDEEC Cia. Ltda.

2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

Ambiente de trabajo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

La presente investigación tiene un enfoque investigativo cuantitativo y cualitativo, será cuantitativo porque se va a manejar variables de valor numérico los mismos que serán presentados en el capítulo de análisis e interpretación de resultados, ya que se realizara mediciones de la calidad del aire interior haciendo un énfasis en el resultado, y será cualitativo porque se realizara un énfasis al proceso que conlleva en si la calidad del aire interior.

Además la investigación estará apoyada con fuentes primarias y secundarias, y por lo expuesto anteriormente, servirá con el fin de la recolección de datos, los mismos que posteriormente serán analizados e interpretados.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 DE CAMPO

Esta investigación de campo es indispensable, ya que es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se produce los acontecimientos. Es decir el investigador toma contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo a los objetivos del proyecto. Es así que este proyecto se realizará en las instalaciones de Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda, obteniendo un contacto directo con la realidad.

3.2.2 BIBLIOGRÁFICO

La investigación se complementará con una modalidad bibliográfica ya que se apoyará de información obtenida de libros, tesis, artículos técnicos, etc.; es decir se

apoyará de fuentes primarias y secundarias con el fin de abordar de manera teórica y científica el proceso investigativo.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 EXPLORATORIA

La investigación es exploratoria, porque este tipo de investigaciones pretenden darnos una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad. Además este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido.

Como es este caso de estudio donde se investiga la calidad del aire interior, en el proceso de acabado del jeans que es un tema poco estudiado, por lo que con este tipo de investigación se pretende incentivar a investigaciones posteriores más rigurosas sobre este tema.

3.3.2 DESCRIPTIVO

Este tipo de investigación detalla fenómenos, situaciones, contextos y eventos. Detallan como son y cómo se manifiestan.

Por lo que, la investigación tiene la modalidad de estudio descriptivo, porque trata de describir los factores que interviene en la calidad del aire interior y como están involucrados dentro del mismo.

3.3.3 CORRELACIONAL

Este tipo de investigación evalúa las variables de comportamiento de una variable en virtud de variaciones de otra variable.

En la presente investigación ayudará a correlacionar la situación actual de calidad del aire interior con normativas referentes al tema y plantear una propuesta de solución, según sea el caso.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

En la presente investigación la población será la que indica en la Tabla 3.1, en la cual se representa el número de trabajadores que laboran en el área de acabado específicamente del sand blast químico del jeans.

Tabla 3.1. Población para la investigación de la calidad del aire interior.

ÁREA DE ACABADO DEL JEANS	NÚMERO DE TRABAJADORES
Sand blast químico	6
Total	6

Fuente: (Autor)

La población que está involucrada en la calidad del aire interior del proceso de acabado del jeans especialmente del sand blast químico es de 6 personas, por lo que se utilizará como muestra a toda la población, debido a que la población es pequeña.

Cabe recalcar que son 6 personas que realizan esa actividad laboral, pero hay 3 puestos de trabajo en esa área, es decir permanecen en el área de trabajo 3 personas, ya que son puestos rotativos y lo rotan entre las 6 personas, las cuales son consideraras en la muestra de la investigación.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE:

La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa LDEEC Cia. Ltda.

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Se entiende por calidad del aire la adecuación a niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que las produzcan, que garanticen que las materias o formas de energía, no impliquen molestia grave, riesgo o daño inmediato o diferido, para las personas o bienes, en especial que no exista afectación a las personas que ejercen alguna actividad, para lo cual se debe realizar un diagnóstico para garantizar la calidad del aire deseado.	Afectación a la persona por actividad Diagnóstico de la calidad ambiental interior.	Nivel de riesgo (Valores permisibles: - Temperatura: 17-27 °C - Humedad relativa: 30-70% - Dióxido de carbono: < 500 ppm - Monóxido de carbono: < 5 ppm - Partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5): 1 000 µg/m ³) Normas y Notas Técnicas de Prevención	¿Está expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado, que implique molestia o riesgo alguno? ¿Tiene incidentes causados por la influencia de la calidad del aire interior? ¿De acuerdo a Normas y Notas Técnicas de Prevención cual es el resultado del diagnóstico de la calidad del aire interior?	Encuesta – cuestionario Encuesta – cuestionario Consulta bibliográfica Mediciones con equipos Hoja de resultados Hoja de puntuación de métodos, según Normas UNE 171330-1, UNE 171330-2, NTP 936 y NTP 937.

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:

Ambiente de trabajo.

32

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Condiciones y medio ambiente de trabajo: Son aquellos elementos, agentes o factores que tienen influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.</p> <p>El ambiente de trabajo está asociado con aquellas condiciones que se viven dentro de determinado entorno laboral.</p> <p>Desde el punto de vista de un trabajador un buen ambiente de trabajo es el conjunto de condiciones que contribuyen a su satisfacción con su empleo.</p>	<p>Condiciones laborales</p>	<p>Seguridad y salud de los trabajadores</p>	<p>¿Es idóneo las medidas preventivas tomadas de acuerdo a su actividad laboral?</p> <p>¿Ha sufrido algún daño a su salud por su actividad laboral?</p> <p>¿Qué tan satisfactorio son las medidas preventivas que cuentan los trabajadores del área de sand blast químico?</p>	<p>Encuesta - cuestionario</p> <p>Encuesta - cuestionario</p> <p>Entrevista</p> <p>Guía de la entrevista</p>

3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La presente investigación y de acuerdo al desarrollo de la operacionalización de variables se recolectará la información por medio de las siguientes técnicas e instrumentos que se describe a continuación:

La observación directa que es un método clásico de investigación científica. Por lo tanto se tomará nota de todo lo que se considere necesario, para describir y analizar los hechos de significación especial que ayudará a tener una base informativa suficiente.

También se utilizará una técnica de investigación como es la encuesta, con el fin de determinar las condiciones a las que están expuestos los trabajadores del área de acabado (sand blast químico) del jeans.

Además se empleará métodos específicos de acuerdo a una normativa para la obtención de información, así como también se realizará mediciones con equipo especializado referente a la calidad del aire interior.

3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la presente investigación se seguirán los siguientes puntos para la recolección, procesamiento y análisis de la información como se describe a continuación:

- Revisión y selección de la información más importante y específica, tanto bibliográfica, normativa como notas técnicas de prevención, acorde a la investigación.
- Diseño de tablas de recolección de datos y su procesamiento.
- Toma de mediciones de los factores importantes de la calidad del aire interior, acorde a la normativa establecida.
- Tabulación de los resultados obtenidos, para una mejor interpretación.
- Análisis de los resultados obtenidos
- Verificación de la hipótesis planteada
- Finalmente emitir conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

A continuación se analiza los resultados encontrados según los objetivos y las normas planteadas en esta investigación, con el fin de brindar una solución al problema.

Cabe recalcar que luego de haber recolectado toda la información necesaria para la argumentación del problema a investigar, se tiene un panorama completo sobre las condiciones laborales que presentan los trabajadores del área de sand blast químico en el proceso de acabado del jeans, que tiene influencia por la calidad del aire interior al que están expuestos.

4.1.1 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR

Según las Normas UNE 171330-1 y UNE-EN 689, en los cuales mencionan que se debe realizar una identificación o un inventario de aspectos o elementos que interaccionan con la calidad ambiental de interiores, es decir se debe recopilar toda la información relacionada con el objeto de estudio (proyecto, planos, planes de mantenimiento, estudios de calidad ambiental, etc...), esto se complementa con la visita “in situ” de las instalaciones y áreas ocupadas.

En el Anexo 1, 2, 3 y 4 se recopila toda la información de la identificación, del cual en la Tabla 4.1 se presenta en resumen la ficha del inventario realizado a la instalación del área de sand blast químico, tal como sugiere la norma.

Cabe recalcar que esta identificación o inventario, se lo realizó específicamente al área de sand blast químico, el cual es objeto de esta investigación, sin tomar en cuenta a todo el edificio donde está las instalaciones de la empresa.

Tabla 4.1. Ficha del inventario

		<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE</p>			
FICHA DEL INVENTARIO					
Norma de referencia: UNE 171330-1:2008					
Área: SAND BLAST QUÍMICO					
Se realizó el estudio documental con la visita “ <i>in situ</i> ”, de los siguientes aspectos más importantes:					
Identificación:			SI	NO	
• Ubicación del área			X		
• Usos y actividades del área			X		
• Materiales de construcción			X		
• Instalación del área			X		
○ Instalaciones de acondicionamiento de aire				X	
○ Instalaciones de agua			X		
○ Instalaciones de salubridad			X		
○ Instalación de electricidad y de telecomunicaciones			X		
○ Almacenes y salas de usos especiales			X		
• Mantenimiento del área			X		
• Remodelación del área			X		
Observaciones:					
Se debe tomar mayor énfasis en lo siguiente:					
- Usos, actividades y distribución del edificio, por el uso del permanganato					
- Instalaciones del acondicionamiento del aire, porque no dispone con dichas instalaciones.					
Además la empresa cuenta con la matriz de triple criterio, y el Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo.					
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa			Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg.		
Fecha: 03-05-2017			Fecha: 31-05-2017		

Fuente: (Autor)

Como resultado de la breve inspección “in situ” de la instalación, se identificó que los parámetros que se debe tomar mayor énfasis es el *uso y actividad*, ya que en el mismo, se realiza el proceso de acabado del jeans utilizando permanganato de potasio. Así como también las *instalaciones de acondicionamiento de aire*, ya que no cuenta con dicha instalación y además el trabajo se realiza en espacios con aberturas limitadas de entrada y salida con ventilación natural desfavorable, por lo que más adelante se evalúa el riesgo con la matriz de probabilidad/efecto, de éstos parámetros.

Cabe mencionar que la empresa cuenta con el “Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo” aprobado (Anexo 2), así como también dispone de la *matriz de triple criterio “Registro de Identificación del Riesgo Laboral por Puesto de Trabajo”* (Anexo 3), realizado con el fin de cumplir con la normativa del “Ministerio de Relaciones Laborales”. En esta matriz se puede destacar que el operario de sandblasting se encuentra con *riesgo 4*, el cual significa que es un riesgo importante y se debe tomar acciones inmediatas.



Luego de haber realizado el inventario se procede a la decisión de valorar los elementos que interaccionan con la calidad ambiental de interiores, para lo cual se emplea la matriz para la determinación de la relación “probabilidad/efecto”; el cual, el objetivo de esta fase del proceso es la evaluación del riesgo potencial sobre la calidad ambiental interior, asociados a los diversos aspectos identificados anteriormente. Es decir se trata de determinar si el riesgo asociado a dichos aspectos debe ser valorado (cuantificado) o no. Para ello se aplicará la metodología basada en la relación “probabilidad/efecto”; que es, la probabilidad de que un determinado aspecto afecte negativamente a la calidad ambiental interior y los efectos que implicaría. Cabe recalcar que esta metodología está basada según el criterio del Técnico de Seguridad para valorar la probabilidad/efecto, para luego corroborar estos criterios con las mediciones.

Los aspectos ambientales más significativos, identificados en la fase anterior son:

- Usos y actividades del área
- Instalaciones del área, en especial en el acondicionamiento del aire

A continuación, se procede como sugiere la Norma UNE 171330-1 y se elabora la matriz de riesgo probabilidad/efecto para usos y actividades, tal como se indica en la Tabla 4.2 y la matriz para instalaciones de acondicionamiento de aire, indicada en la Tabla 4.3.

Tabla 4.2. Matriz de evaluación de riesgos potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores (USOS, ACTIVIDADES)

 <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE</p>																					
MATRIZ DE RIESGOS. PROBABILIDAD/EFEECTO																					
Norma de referencia: UNE 171330-1:2008																					
Aspecto: USOS, ACTIVIDADES Y DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA																					
<p>Valoración del riesgo: Se realizó la matriz de <i>probabilidad/efecto</i>, de los siguientes parámetros más importantes de acuerdo a la siguiente actividad:</p> <p>1. Proceso de acabado del jeans (Área sand blast químico)</p>																					
Matriz de riesgo: probabilidad/efecto																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Efectos \ Probabilidad</th> <th style="text-align: center;">Baja</th> <th style="text-align: center;">Media</th> <th style="text-align: center;">Alta</th> <th style="text-align: center;">Muy Alta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Ligeros</td> <td style="text-align: center;">No significativo</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Considerables</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Graves</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> </tr> </tbody> </table>	Efectos \ Probabilidad	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar	Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar	
Efectos \ Probabilidad	Baja	Media	Alta	Muy Alta																	
Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar																	
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar																	
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar																	
Presencia en la calidad ambiental de:	P	E	R																		
• Dióxido de carbono	Alta	Considerable	Valorar																		
• Monóxido de carbono	Alta	Considerable	Valorar																		
• Partículas en suspensión	Alta	Considerable	Valorar																		
• Hongos y bacterias en suspensión	Baja	Ligero	No signif.																		
• Permanganato de potasio	Alta	Considerable	Valorar																		
• Ruido ambiental	Baja	Ligero	No signif.																		
Dónde: P = Probabilidad		E = Efecto	R = Riesgo																		
Observaciones: Se debe considerar 3 personas expuestas, y el tiempo de exposición es de 8 horas diarias y 40 horas semanales, y se asume probablemente el de efecto más grave el permanganato																					
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa		Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg.																			
Fecha: 03-05-2017		Fecha: 31-05-2017																			

Fuente: (Autor)

Tabla 4.3. Matriz de evaluación de riesgos potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores (INSTALACIÓN)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE																							
MATRIZ DE RIESGOS. PROBABILIDAD/EFECTO																								
Norma de referencia: UNE 171330-1:2008																								
Aspecto: INSTALACIÓN DEL ÁREA: ACONDICIONAMIENTO DE AIRE																								
Valoración del riesgo:																								
Se realizó la matriz de <i>probabilidad/efecto</i> , del siguiente parámetro más importantes que es:																								
1. Instalación de acondicionamiento de aire en el proceso de acabado del jeans (Área sand blast químico)																								
Matriz de riesgo: probabilidad/efecto																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Probabilidad \ Efectos</th> <th style="text-align: center;">Baja</th> <th style="text-align: center;">Media</th> <th style="text-align: center;">Alta</th> <th style="text-align: center;">Muy Alta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Ligeros</td> <td style="text-align: center;">No significativo</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Considerables</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Re-evaluar periódicamente</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Graves</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> <td style="text-align: center;">Valorar</td> </tr> </tbody> </table>	Probabilidad \ Efectos	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar	Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar				
Probabilidad \ Efectos	Baja	Media	Alta	Muy Alta																				
Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar																				
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar																				
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar																				
Disponibilidad en la calidad ambiental de:	P	E	R																					
• Instalación de acondicionamiento de aire acorde al proceso de acabado del jeans.	Alta	Considerable	Valorar																					
Dónde: P= Probabilidad E= Efecto R= Riesgo																								
Observaciones:																								
El área de proceso de acabado del jeans, <i>NO dispone</i> con instalaciones de acondicionamiento de aire, por lo que no se puede valorar y además hay <i>ventilación natural desfavorable</i> .																								
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa Fecha: 03-05-2017		Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg. Fecha: 31-05-2017																						

Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la Tabla 4.2, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono y las partículas en suspensión se requieren valorar (cuantificar), por ende más adelante se realizaron las mediciones directas para estos parámetros. En cambio los hongos y bacterias en suspensión dan una estimación de riesgo no significativa en la calidad ambiental interior, por tal razón no se realizó una valoración del mismo.

Sin embargo, el que se asume que tiene efecto grave, probablemente es el permanganato de potasio, debido a las características oxidantes del compuesto químico, por lo que según la Norma UNE-EN 689, dice que no siempre es necesario llevar a cabo cada una de las etapas de la evaluación, cuando se sospeche que los niveles de exposición son claramente inferiores o superiores a los valores límites, la confirmación de estas situaciones pueden realizarse mediante el uso de técnicas que se apliquen fácilmente y que pueden ser no tan precisas. Por consiguiente más adelante se utilizó las notas NTP 936 y NTP 937 para la evaluación cualitativamente del riesgo a agentes químicos.

4.1.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL INTERIOR

Una vez conocido en el proceso anterior los diferentes aspectos ambientales en interiores significativos, susceptibles de causar problemas dentro de la instalaciones, es preciso realizar mediciones directas y/o inspecciones visuales a fin de valorar (cuantificar) las condiciones de riesgo real de cada uno de los mismos. Se trata de determinar si efectivamente las situaciones potencialmente negativas están produciendo efectos adversos en el momento actual o no.

Para las valoraciones e inspecciones se realizó de acuerdo a la Norma UNE 171330-2, *sobre la calidad ambiental en interiores: procedimiento de inspección y metodología de muestreo de contaminantes del ambiente interior*. Y la Nota Técnica de Prevención NTP 937, *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS*.

A continuación en la Tabla 4.4, se indica la lista de parámetros mínimos a medir en una inspección de calidad ambiental en interiores según la Norma UNE 171330-2.

Tabla 4.4. Ficha de Inspección a realizare en la calidad ambiental en interiores según la Norma UNE 171330-2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE	
FICHA DE INSPECCIÓN A REALIZAR		
Norma de referencia: UNE 171330-2:2014		
Área: SAND BLAST QUÍMICO		
Se realizará una <i>inspección detallada</i> de los siguientes parámetros:		
Parámetros:	SI	NO
• Evaluación higiene de los sistemas de climatización		X
• Temperatura	X	
• Humedad relativa	X	
• Dióxido de carbono	X	
• Monóxido de carbono	X	
• Partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5)	X	
• Bacterias y hongos en suspensión.		X
Observaciones: El área <i>no dispone de sistemas de climatización</i> y las <i>bacterias y hongos</i> en suspensión, es una estimación de riesgo <i>no significativa</i> en la calidad ambiental interior, por lo que no se realizará una inspección de los mismos.		
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa Fecha: 03-05-2017	Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg. Fecha: 31-05-2017	

Fuente: (Autor)

Según la Tabla 4.4, los parámetros a inspeccionar detalladamente son: la temperatura, la humedad relativa, el dióxido de carbono, el monóxido de carbono. Para lo cual se utilizó el equipo de medición: *Monitor de calidad de aire interior*

IEQ Chek de marca BACHARACH, Modelo # 1522-1008, el mismo que cuenta con el certificado de calibración actualizado (Anexo 5).

Y para las partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5), se utilizó el equipo: *medidor de Material Particulado de marca AEROCET-531S* con número de serie R11285, el cual también cuenta con certificado de calibración actualizado (Anexo 6).



Según la Norma UNE 171330-2, deben muestrearse en los puntos significativos donde pudiera haber focos de emisión o situaciones problemáticas a criterio del Técnico de Seguridad. No existe un número mínimo de puntos. Además manifiesta la norma con respecto a la estrategia de medición, el tiempo ideal de muestreo para todos los parámetros debería cubrir todo el tiempo de uso del edificio o área para conseguir un valor promedio diario. Sin embargo, en la práctica, puede haber dificultades para llevar a cabo este tipo de mediciones en un número elevado de puntos, por tanto, se acepta que varias mediciones puntuales en el día, que pueden ser representativas de la exposición, especialmente en espacios cuya actividad es regular y uniforme.

Cabe recalcar que los autores Aguilar y otros (2010), de su publicación “*Riesgo químico: sistemática para la evaluación higiénica*”, recomienda efectuar al menos tres mediciones. Por lo que las mediciones se lo realizaron en tres días de jornada de trabajo y cinco mediciones en cada día.

A continuación, se describe los resultados de las valoraciones de los parámetros a inspeccionar, en el área de sand blast químico del proceso de acabado del jeans de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. Hay que considerar que en esta área trabajan tres personas y realizan todo el proceso durante 8 horas diarias y utilizan una cantidad de 4 kilogramos diarios de permanganato de potasio para el proceso.

4.1.2.3 Resultado de la valoración del monóxido de carbono

Tabla 4.7. Medición del monóxido de carbono (CO) en la tarea de sand blast químico

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE		
MEDICIÓN DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO)			
Norma de referencia: UNE 171330-2:2014			
Área: SAND BLAST QUÍMICO			
Equipo: Monitor de calidad de aire interior IEQ Chek de marca BACHARACH			
Se obtuvo los siguientes resultados:			
N°	CO-1 (ppm)	CO-2 (ppm)	CO-3 (ppm)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
Dónde: CO= Monóxido de carbono ppm= partes por millón			
Observaciones: Los valores obtenidos del monóxido de carbono son en el mismo instante de tiempo, que se midió los demás parámetros descritos anteriormente. El promedio del monóxido de carbono tomada cada 10 minutos es igual a 0 ppm.			
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa Fecha: 03-05-2017		Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg. Fecha: 31-05-2017	

Fuente: (Autor)

4.1.2.4 Resultado de la valoración del dióxido de carbono



Tabla 4.8. Medición del dióxido de carbono (CO₂) en la tarea de sand blast químico

		<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE</p>			
MEDICIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)					
Norma de referencia: UNE 171330-2:2014					
Área: SAND BLAST QUÍMICO					
Equipo: Monitor de calidad de aire interior IEQ Chek de marca BACHARACH					
Se obtuvo los siguientes resultados:					
Nº	CO₂-1 (ppm)	CO₂-2 (ppm)	CO₂-3 (ppm)		
1	221	340	335		
2	245	345	221		
3	310	236	345		
4	229	341	229		
5	345	334	240		
Dónde: CO ₂ = Dióxido de carbono ppm= partes por millón					
Observaciones:					
Los valores obtenidos del dióxido de carbono son en el mismo instante de tiempo, que se midió los demás parámetros descritos anteriormente.					
La gráfica de los valores obtenidos que son descargados del equipo se encuentra en los Anexos 7 y 8.					
El cálculo de la estimación del valor más probable de la media de las mediciones efectuadas se encuentra en el Anexo 12.					
La estimación del valor más probable de la media del dióxido de carbono tomada cada 10 minutos es igual a 288 ppm .					
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa Fecha: 03-05-2017			Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg. Fecha: 31-05-2017		

Fuente: (Autor)

4.1.2.5 Resultado de la valoración de las partículas en suspensión

Tabla 4.9. Medición de las partículas en suspensión (PM 2,5) en la tarea de sand blast químico

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE			
MEDICIÓN DE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (PM 2,5)					
Norma de referencia: UNE 171330-2:2014					
Área: SAND BLAST QUÍMICO					
Equipo: Medidor de Material Particulado de marca AEROCET					
Se obtuvo los siguientes resultados:					
Nº	PM 2,5 - 1 (µg/m³)	PM 2,5 - 2 (µg/m³)	PM 2,5 - 3 (µg/m³)		
1	1025,0	1027,1	1188,9		
2	1884,0	860,0	1524,9		
3	1913,3	717,7	1516,7		
4	1213,4	1621,5	1452,7		
5	567,0	1515,0	749,9		
Dónde: PM 2,5 = Material Particulado 2,5 µm µg/m³ = microgramos sobre metro cubico					
Observaciones: Los valores obtenidos de las partículas en suspensión son en el mismo instante de tiempo, que se midió los demás parámetros descritos anteriormente. La gráfica de los valores obtenidos que son descargados del equipo se encuentra en el Anexos 9. El cálculo de la estimación del valor más probable de la media de las mediciones efectuadas se encuentra en el Anexo 12. La estimación del valor más probable de la media de las partículas en suspensión tomada cada 10 minutos es igual a 1257 µg/m³ .					
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa Fecha: 03-05-2017			Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg. Fecha: 31-05-2017		

Fuente: (Autor)

4.1.2.6 Resumen de la valoración según la Norma UNE 171330-2:2014

Tabla 4.10. Ficha de valoración de los parámetros de la inspección de la calidad ambiental interiores del área de sand blast químico

<div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE </div>			
FICHA DE VALORACIÓN			
Norma de referencia: UNE 171330-2:2014			
Área: SAND BLAST QUÍMICO			
Los valoración obtenida son los siguientes:			
Parámetros:	Mediciones (valor promedio)	Criterio Confort (Se acepta hasta un 25% de superaciones)	Análisis
• Temperatura	19,0 °C	* Valor límite máximo: 17-27 °C	Cumple
• Humedad relativa	64,2%	30-70%	Cumple
• Dióxido de carbono	288 ppm	< 500 ppm	Cumple
• Monóxido de carbono	0 ppm	< 5 ppm	Cumple
• Partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5)	1257 µg/m³	*Valor límite máximo: 1 000 µg/m ³	NO Cumple
Observaciones: *No aplica para el Valor límite máximo, la aceptación hasta un 25% de superación del criterio de confort <i>No cumple el criterio de confort las partículas en suspensión (PM2,5), supera el valor límite máximo, se debe tomar medidas preventivas para controlar este parámetro.</i>			
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa		Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg.	
Fecha: 04-05-2017		Fecha: 31-05-2017	



Fuente: (Autor)

Como se explicó anteriormente para la valoración cualitativa del permanganato de potasio se utilizó la Nota Técnica de Prevención NTP 937, *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Método basado en el INRS*, en el cual dice: “en los últimos años se ha extendido el uso de estas metodologías simplificadas para evaluar el riesgo de exposición por inhalación a agentes químicos sin recurrir a costosas mediciones ambientales”.

Así como también para conocer el nivel de control requerido se utilizó la Nota Técnica de Prevención NTP 936, *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials*. A continuación se presenta los resultados de estas notas técnicas.

4.1.2.7 Resultado de la valoración cualitativa del permanganato de potasio por el método de la nota NTP 936.


Tabla 4.11. Ficha del resultado: riesgo potencial y nivel de control requerido, según la nota NTP 936 del permanganato de potasio

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE</p>				
RESULTADO: RIESGO POTENCIAL Y NIVEL DE CONTROL REQUERIDO					
Norma de referencia: NTP 936:2012					
Agente químico: PERMANGANATO DE POTASIO					
Se realizó la valoración de acuerdo a lo siguiente:					
Tabla de determinación del nivel de riesgo potencial por exposición agentes químicos					
Grado de peligrosidad	Volatilidad / Pulverulencia				
	Cantidad usada	Baja volatilidad o pulverulencia	Media volatilidad	Media	Alta volatilidad o pulverulencia
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande			2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4.				
Variables de selección:					
Grado de Peligrosidad: B (H302, del permanganato de potasio). Cantidad usada: Mediana (Kilogramos o litros, se utiliza 4 Kilogramos diarios) Nivel de volatilidad: Alta (si se utilizan en operación de spraying, siempre nivel alto)					
RESULTADO DE RIESGO POTENCIAL: 2 En estas situaciones habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo. El tipo de instalación más habitual para controlar la exposición es la extracción localizada .					
Observaciones: Se debe utilizar la extracción localizada para controlar la exposición.					
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa Fecha: 04-05-2017		Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg. Fecha: 31-05-2017			

Fuente: (Autor)

4.1.2.8 Resultado de la valoración cualitativa del permanganato de potasio por el método de la nota NTP 937.

Tabla 4.12. Ficha del resultado: caracterización del riesgo por inhalación, según la nota NTP 937 del permanganato de potasio

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE													
RESULTADO: CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN														
Norma de referencia: NTP 937:2012														
Agente químico: PERMANGANATO DE POTASIO														
Se realizó la valoración de acuerdo a lo siguiente:														
Tabla caracterización del riesgo por inhalación														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Puntuación del riesgo por inhalación</th> <th>Prioridad de acción</th> <th>Caracterización del riesgo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>> 1.000</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)</td> </tr> <tr> <td>> 100 y ≤ 1.000</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)</td> </tr> <tr> <td>≤ 100</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)</td> </tr> </tbody> </table>	Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo	> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)	> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)	≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)	<p>Dónde:</p> P_{inh} = Puntuación del riesgo por inhalación $P_{riesgo\ pot}$ = Puntuación del riesgo potencial $P_{volatilidad}$ = Puntuación de la volatilidad $P_{procedimiento}$ = Puntuación del procedimiento de utilización del agente químico $P_{protec.\ colec.}$ = Puntuación de la protección colectiva utilizada FC_{VLA} = Factor Corrección en función del VLA	
Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo												
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)												
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)												
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)												
Variables de selección:														
$P_{inh} = P_{riesgo\ pot} \cdot P_{volatilidad} \cdot P_{procedimiento} \cdot P_{protec.\ colec.} \cdot FC_{VLA}$														
$P_{riesgo\ pot}$: 1 (Clase de peligro: 1; clase de cantidad: 2; clase de frecuencia: 4; clase de exposición: 2; clase de riesgo potencial: 1) $P_{volatilidad}$: 100 (Clase 3 – Alta; si se utilizan en operación de spraying, siempre nivel alto) $P_{procedimiento}$: 1 (Clase 4; pintura a pistola) $P_{protec.\ colec.}$: 10 (Trabajo en espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable) FC_{VLA} : 10 (VLA=0,03 mg/m ³ de acuerdo ACGIH) $P_{inh} = 1 \times 100 \times 1 \times 10 \times 10$														
RESULTADO DE RIESGO POR INHALACIÓN (P_{inh}) = 10 000														
1 = Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas).														
Observaciones:														
Realizado por: Ing. Kléber Chiluisa	Revisado por: Ing. Alejandra Lascano, Mg.													
Fecha: 04-05-2017	Fecha: 31-05-2017													

Fuente: (Autor)

4.1.2.9 Análisis e interpretación de la valoración de los parámetros de la inspección de la calidad ambiental interiores del área de sand blast químico

- Temperatura

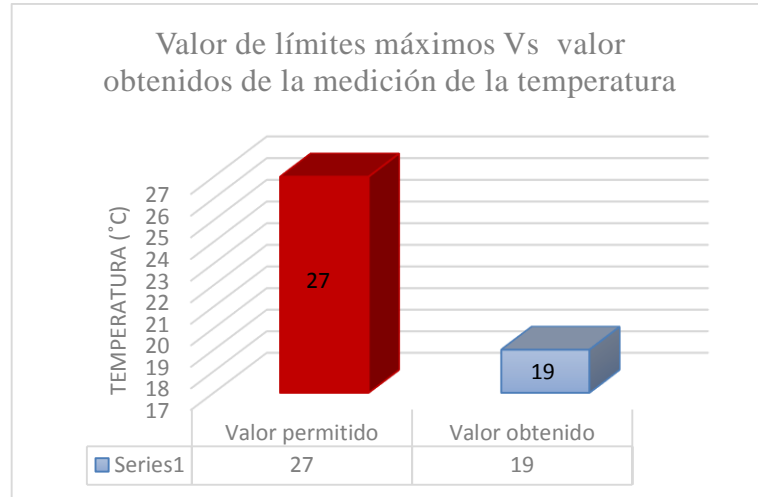


Figura 4.1. Valoración obtenida de la temperatura Vs el valor límite
Fuente: (Autor)

Al interpretar la Figura 4.1, se puede observar que el valor obtenido de la medición de temperatura está dentro del rango del valor límite de confort, lo que significa que el trabajador referente a este parámetro está en un ambiente adecuado de trabajo, y la temperatura es ideal para su actividad laboral; por lo tanto no requiere buscar medidas de prevención en este parámetro.

- Humedad relativa

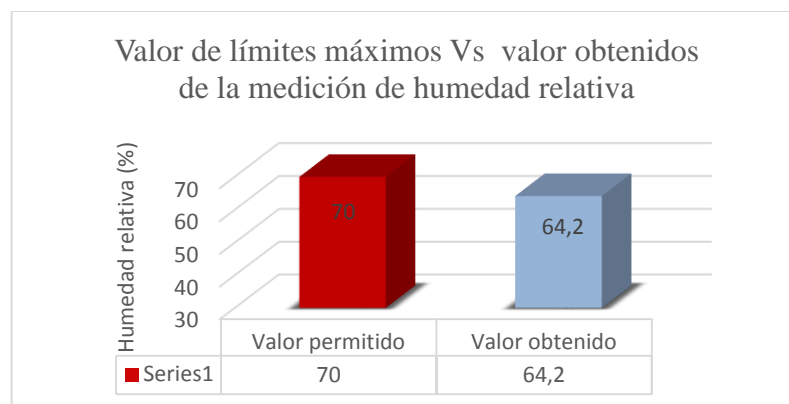


Figura 4.2. Valoración obtenida de la humedad relativa Vs el valor límite
Fuente: (Autor)

Al interpretar la Figura 4.2, se puede observar que el valor obtenido de la medición de la humedad relativa se encuentra dentro del rango del criterio de confort; por lo que también este parámetro no tendría inconvenientes y sería ideal para el buen desempeño del trabajador en su ambiente de trabajo.

- Dióxido de carbono

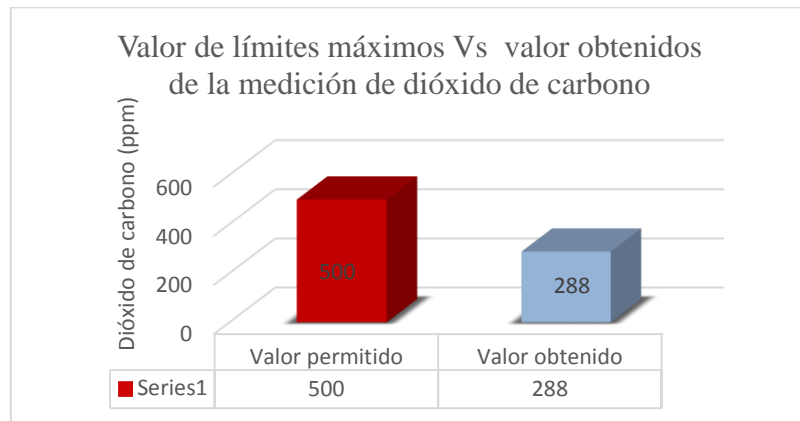


Figura 4.3. Valoración obtenida del dióxido de carbono Vs el valor límite
Fuente: (Autor)

Al observar la Figura 4.3, se puede notar que el valor obtenido de la medición del dióxido de carbono, está dentro del rango del criterio de confort; por ende no se requiere tomar medidas de prevención de este parámetro, por cuanto este no afectaría las condiciones laborales del trabajador.

- Monóxido de carbono

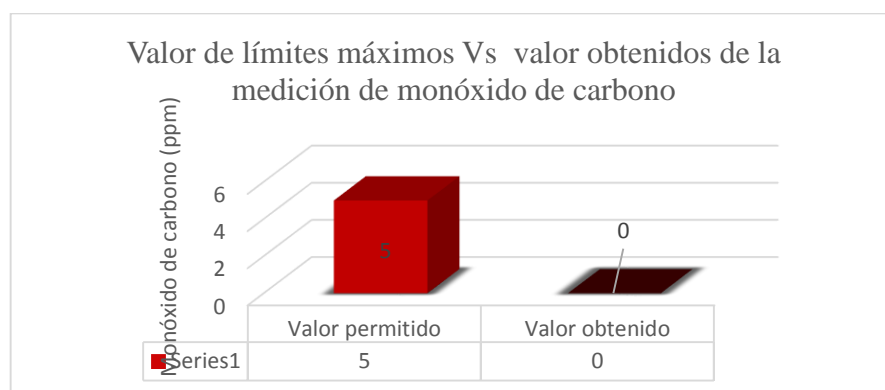


Figura 4.4. Valoración obtenida del monóxido de carbono Vs el valor límite
Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la Figura 4.4, el monóxido de carbono no influye en las condiciones del ambiente de trabajo ya que tiene un valor cero, es decir no existe su presencia en el ambiente interior de esta área de trabajo, garantizando unas condiciones óptimas en lo referente al ambiente de trabajo.

- Partículas en suspensión (PM 2,5)

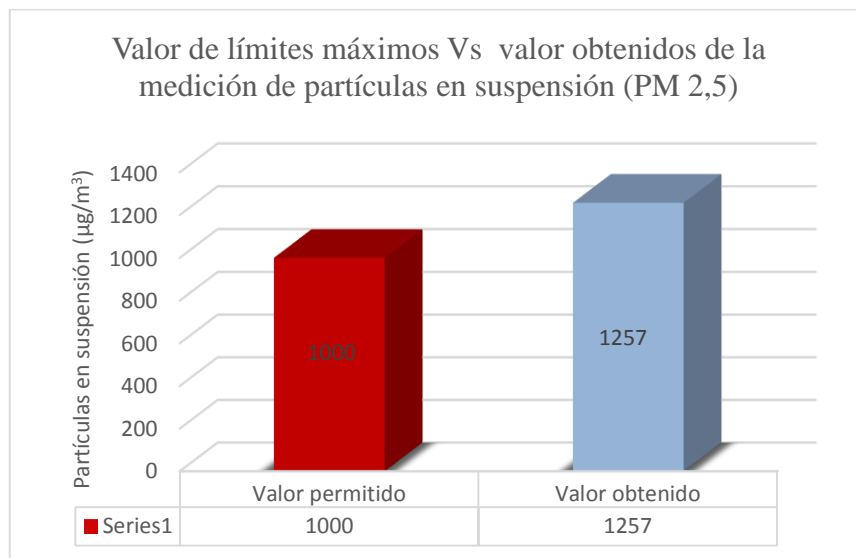


Figura 4.5. Valoración obtenida de las partículas en suspensión (PM 2,5) Vs el valor límite

Fuente: (Autor)

Como se puede observar en la Figura 4.5, el valor obtenido de la medición de las partículas en suspensión (PM 2,5), *supera el valor límite de confort (1000 µg/m³) de acuerdo a la Norma UNE 171330-2:2014*, por lo que se debe poner mayor énfasis sobre este parámetro, ya que puede estar ocasionado problemas en la salud de los trabajadores, además se puede interpretar con este resultado que las condiciones de trabajo en esta área no es adecuada por este parámetro, el cual es resultado de la utilización del permanganato de potasio, por tal razón se debe buscar medidas preventivas inmediatas para solucionar este problema.

Además con la nota NTP 937, con el cual es valorado cualitativamente al permanganato de potasio se puede corroborar que la prioridad de acción es 1, por lo que la nota dice: “riesgo probamente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)”. Así con la nota NTP 936 da como resultado un riesgo potencial de 2,

en este caso la nota dice: “en estas situaciones habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo; el tipo de instalación más habitual para controlar la exposición es la *extracción localizada*”.

4.1.3 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES AL QUE ESTÁ EXPUESTO LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE SAND BLAST QUÍMICO.

4.1.3.1 Análisis de las condiciones mediante la aplicación de la encuesta

Para el análisis se utilizó la encuesta del Anexo 13, la misma que se aplicó en la jornada de trabajo en las instalaciones de la Empresa a los 6 trabajadores que rotan constantemente de puestos en dicha área. Cabe recalcar que antes de realizar la encuesta, se dio una breve explicación a cada una de las preguntas para un mejor entendimiento de los encuestados.

Los resultados obtenidos de las encuestas son los siguientes:

Pregunta 1. ¿Está expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado del jeans, que implique molestia o riesgo alguno?

Tabla 4.13. Pregunta 1

Alternativa	Frecuencia	%
Si	6	100
No	0	0
Total	6	100

Fuente: (Autor)

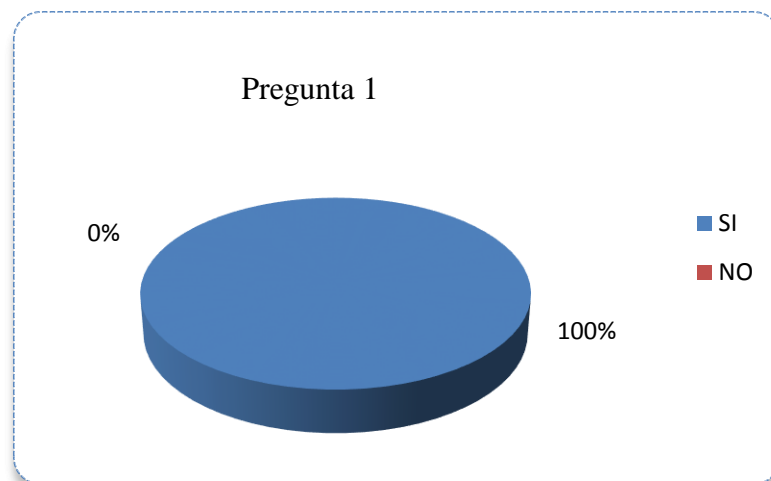


Figura 4.6. Pregunta 1
Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

Según los datos obtenidos de la encuesta aplicada a los 6 trabajadores del área de sand blast químico, el 100% considera que está expuesto a agentes químicos producto de su trabajo y que esto implica alguna molestia o riesgo alguno, por lo que se debe realizar un estudio detallado y poder tomar decisiones sobre la implementación de medidas preventivas eficientes si es necesario.

Pregunta 2. ¿Conoce que es el permanganato de potasio?

Tabla 4.14. Pregunta 2

Alternativa	Frecuencia	%
Si	4	67
No	2	33
Total	6	100

Fuente: (Autor)

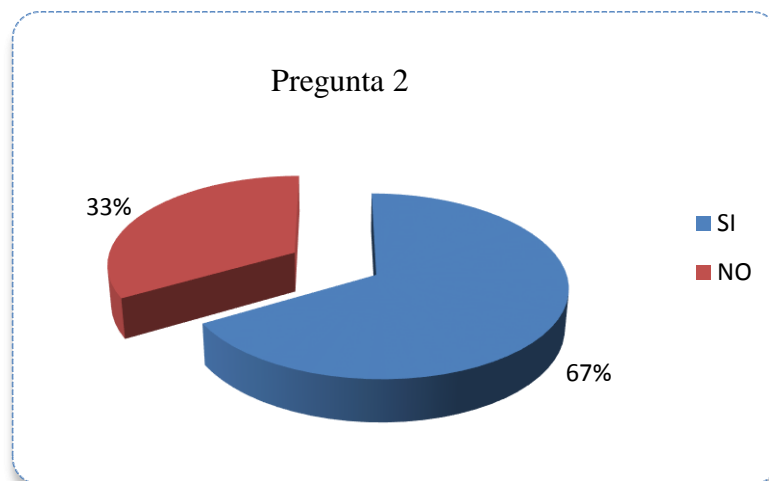


Figura 4.7. Pregunta 2
Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

Según los datos obtenidos de la encuesta aplicada a los 6 trabajadores del área de sand blast químico, el 67% tiene conocimiento sobre las características del permanganato de potasio, mientras que el 33% no lo conoce. Es decir se debe capacitar otra vez a todos los trabajadores mediante conferencias o cursos, sobre las características y peligros que puede producir el permanganato de potasio, para que todos los trabajadores tengan conocimiento de este agente químico.

Pregunta 3. ¿Ha tenido alguna vez un incidente causado por la influencia de la calidad del aire interior, en su área de trabajo?

Tabla 4.15. Pregunta 3

Alternativa	Frecuencia	%
Si	4	67
No	2	33
Total	6	100

Fuente: (Autor)

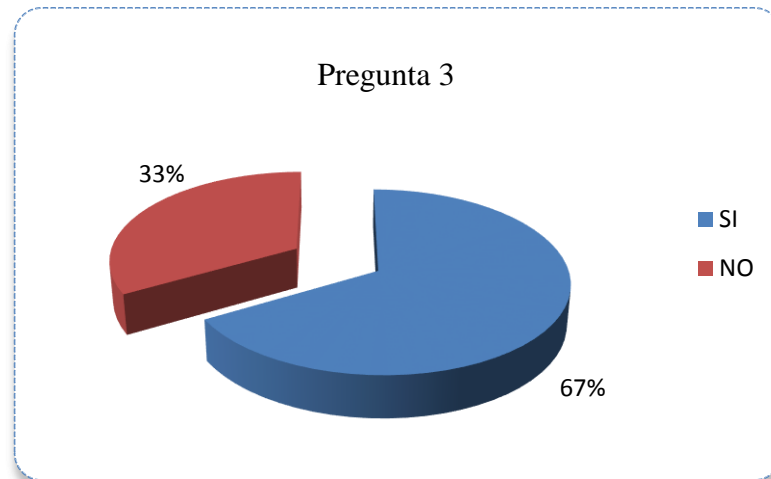


Figura 4.8. Pregunta 3
Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

Según los datos obtenidos de la encuesta, el 67% ha sufrido algún incidente por la influencia de la calidad del aire interior en su área de trabajo, por ejemplo mencionaban los encuestados que están propensos a sufrir caídas o tropiezos que generalmente es por la neblina que se forma por el proceso de sand blast químico, también decían que esta neblina se impregna al overol tipo tyvek y al momento de retirárselo les causaba molestias en la nariz y ojos. Lo que significa que hay que revisar los residuos del proceso de trabajo que influyen en la calidad del aire, para estimar el posible control de riesgo empezando por la fuente.

Pregunta 4. ¿Para el desarrollo de su actividad laboral, Usted toma medidas preventivas?

Tabla 4.16. Pregunta 4

Alternativa	Frecuencia	%
Si	6	100
No	0	0
Total	6	100

Fuente: (Autor)

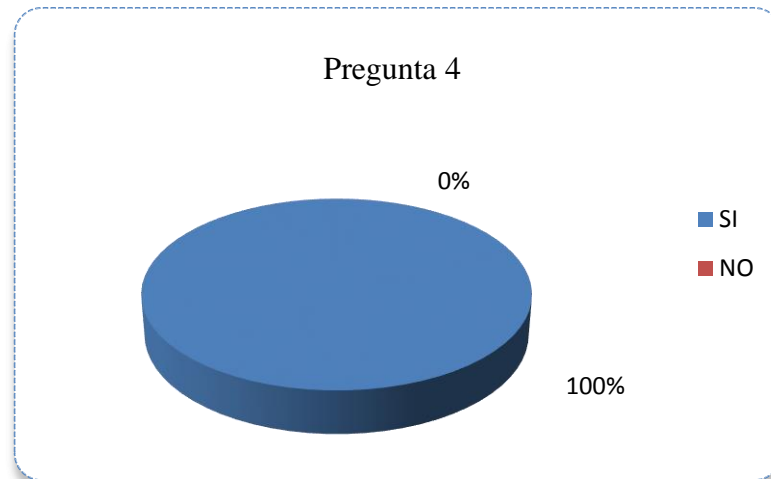


Figura 4.9. Pregunta 4
Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

El 100% de los encuestados, si toma medidas preventivas para desarrollar su trabajo. En este caso los trabajadores y la empresa si cumple con medidas de prevención, acorde al Reglamento interno de Higiene y Seguridad, sin embargo hay que valor que tan efectivas son las mismas.

Pregunta 5. ¿Son idóneas las medidas preventivas tomadas de acuerdo a su actividad laboral?

Tabla 4.17. Pregunta 5

Alternativa	Frecuencia	%
Si	0	0
No	6	100
Total	6	100

Fuente: (Autor)

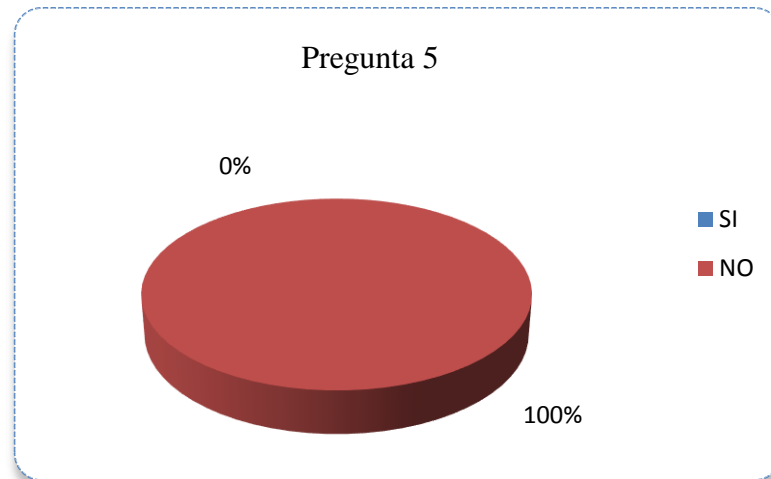


Figura 4.10. Pregunta 5
Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

El 100% de los encuestados, considera que no son idóneos o apropiadas las medidas preventivas implantadas en su actividad laboral; lo que significa que se debe revisar si estas medidas de prevención están de acuerdo a la prioridad del control de riesgos que es la fuente, luego el medio y finalmente tomar acciones sobre el trabajador. Por consiguiente es necesario analizar el proceso de trabajo, para conocer si existen alternativas de solución para prevenir algún riesgo en los trabajadores, así como también revisar si el equipo de protección personal es adecuado.

Pregunta 6. ¿Ha sufrido algún daño a su salud por su actividad laboral?

Tabla 4.18. Pregunta 6

Alternativa	Frecuencia	%
Mucho	0	0
Poco	2	33
Muy Poco	4	67
Total	6	100

Fuente: (Autor)

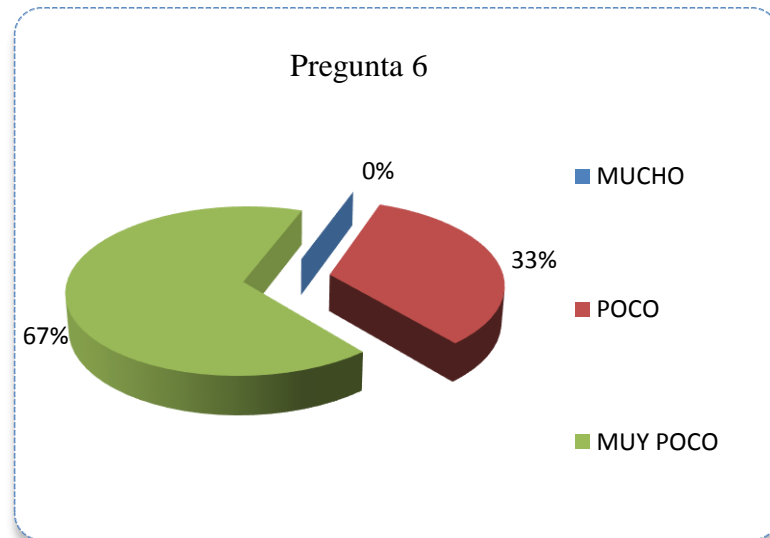


Figura 4.11. Pregunta 6

Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

Según los resultados, el 67% de los encuestados han sufrido muy pocos daños en la salud y el 33% pocos daños, durante la encuesta manifestaron que estos daños son muy ligeros como picazón en la nariz y ojos, y suponían que era por la presencia del permanganato de potasio. Se sugiere realizar chequeos médicos periódicos para determinar el grado de incidencia de los mismos.

Pregunta 7. ¿Considera Usted, que su puesto de trabajo ha sido diseñado para no inhalar permanganato de potasio?

Tabla 4.19. Pregunta 7

Alternativa	Frecuencia	%
Si	0	0
No	6	100
Total	6	100

Fuente: (Autor)

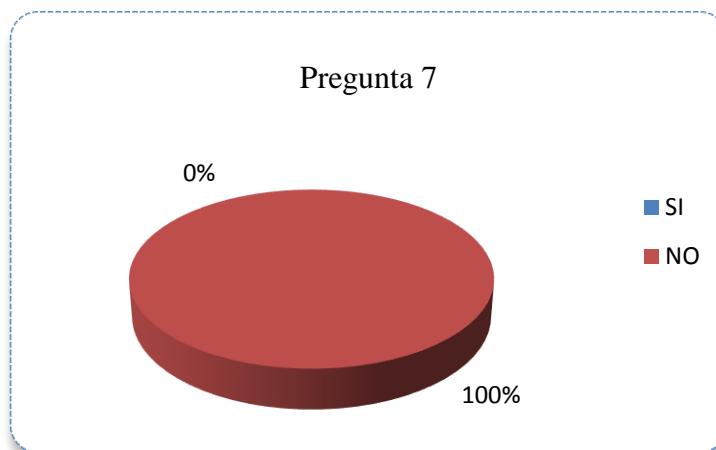


Figura 4.12. Pregunta 7
Fuente: (Autor)

Análisis e interpretación

Según los resultados obtenidos de la encuesta el 100%, no considera que su puesto de trabajo ha sido diseñado para no inhalar permanganato de potasio, porque manifestaron durante la encuesta, que existe neblina del permanganato en el ambiente de trabajo, y se tiene el peligro por inhalación de dicho agente químico. Por lo que es necesario diseñar un puesto de trabajo para minimizar dicho peligro.

4.1.3.2 Análisis de las condiciones mediante la aplicación de la “Guía de la entrevista”.

Para el análisis de las condiciones al que está expuesto los trabajadores del área de sand blast químico, se realiza la aplicación de una entrevista (Anexo 14) al Ing. Andrés Cabrera Mg., quien brinda asesoría de la Seguridad y Salud Ocupacional a la empresa, obteniéndose las siguientes respuestas a las interrogantes.

1. ¿Considera Usted que los trabajadores están expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado del jeans, que implique molestia o riesgo alguno?

Respuesta: Si, se sospecha del permanganato de potasio porque su presencia se resalta a simple vista en forma de aerosol, además pueden estar otros inmersos, pero no se conoce con claridad, porque todavía no se ha realizado un estudio detallado de la calidad del aire de esta área.

2. ¿Cumple la Empresa con el “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional”, así como las demás disposiciones solicitadas por el Ministerio de Relaciones Laboral y Ambiental?

Respuesta: Si cumple con la normativa; sin embargo existen, factores de riesgo los mismos que se encuentran en la matriz de triple criterio, a los cuales se piensa ir dando solución a la brevedad posible.

3. ¿Considera Usted que la Empresa a pesar de tomar medidas preventivas para el desarrollo de las actividades laborales, se debe buscar otras alternativas de solución?

Respuesta: Si, en especial con el agente químico: permanganato de potasio, que es el residuo del proceso que se encuentra en el ambiente.

4. ¿Considera Usted que el puesto de trabajo ha sido diseñado para no inhalar permanganato de potasio?

Respuesta: No, porque el trabajador está expuesto a este agente químico. Está en riesgo de inhalación si no se protege con el equipo de protección personal; por lo tanto, se debe buscar otra alternativa de diseño.

5. ¿Considera Usted que de no buscar otras alternativas de solución en esta área, el permanganato de potasio puede provocar consecuencias negativas a futuro para el trabajador?

Respuesta: Si puede provocar consecuencias negativas, por las características que tiene este agente químico.

6. ¿El trabajador dispone de todo el equipo de protección personal acorde a la exposición del agente químico como es el permanganato de potasio?

Respuesta: Si la Empresa entrega al trabajador todo el equipo de protección personal, para que desarrolle su actividad laboral.

En fin, mediante el diagnóstico y la evaluación a la calidad del aire interior en el área de sand blast químico, y sobre todo, con el análisis de las condiciones al que

está expuesto el trabajador por medio de la encuesta y la entrevista, se tiene un panorama claro y conciso del nivel de riesgo existente en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, el mismo que puede influir en el ambiente de trabajo; para lo cual, con el fin de analizar la variable independiente y dependiente de esta investigación se toma la pregunta número uno y cinco de la encuesta, para la verificación de la hipótesis.

4.1.4 ANÁLISIS DE MEDIDAS PREVENTIVAS DEL RIESGO QUÍMICO PRESENTE EN EL ÁREA DE SAND BLAST QUÍMICO

Como se analizó anteriormente se requiere tomar medidas correctoras inmediatas, el mismo que se encuentra en un riesgo potencial 2, para lo cual la nota NTP 936 dice: “en estas situaciones habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo (artículo 5 del RD 374/2001). El tipo de instalación más habitual para controlar la exposición a agentes químicos es la *extracción localizada*, para cuyo diseño y construcción es necesario, en general, recurrir a suministradores especializados. Es importante elegir el suministrador atendiendo a la experiencia demostrada en este tipo de instalaciones, así como especificar con claridad que el objetivo de la instalación es conseguir que en los puestos de trabajo la concentración de las sustancias químicas se encuentren por debajo del valor de concentración que se le especifique”.

Según el autor Guardino (2004), “un sistema de extracción localizada tiene como objetivo captar el contaminante en el lugar más próximo posible del punto, donde se ha generado el foco contaminante, evitando que se difunda al ambiente”.

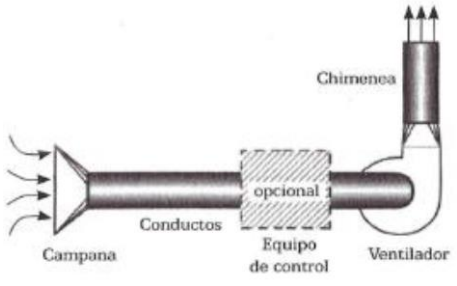
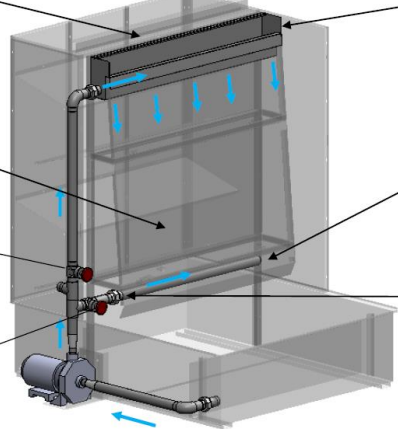
Cabe recalcar que la extracción localizada es una medida de prevención del control de riesgo en la *fuentes*, lo cual es razonable, debido a que es prioridad las medidas sobre la fuente que generan los contaminantes químicos, luego sobre el ambiente y finalmente, cuando lo anterior no sea posible, acciones sobre el trabajador.

Los tipos de extracción localizada, propuestos como medidas preventivas, para el control del riesgo en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, sobre todo por el permanganato de potasio, son las siguientes:

- Sistema de extracción localizada con ventilación por campana
- Sistema de extracción localizada con cortina de agua

En la Tabla 4.20, se indica la descripción de los dos tipos de sistemas propuestos.

Tabla 4.20. Descripción de los sistemas de extracción localizada

Sistema	Esquema	Descripción
Extracción localizada con ventilación por campana	 <p>Componentes de un sistema de ventilación Fuente: (Popendorf, 2006)</p>	<p>“La función esencial de la campana es crear un flujo de aire que capture eficazmente el contaminante y lo transporte hacia la campana” (López J, 2013).</p>
Extracción localizada con cortina de agua	 <p>Esquema de una cabina con cortina de agua Fuente: Centing S.A.</p>	<p>Las cabinas de cortina de agua se utilizan para procesos de pintura por spray. En ellas un velo de agua atraparé la pintura remanente del proceso de aplicación (powdertronic, 2016).</p>

Fuente: (Autor)

Para lo cual se desea evaluar, y seleccionar cual es la prioridad como solución, que mejor se adapte al proceso, por ende se requiere un método de evaluación de soluciones, por tal razón se emplea el “Método ordinal corregido de criterios ponderados”, (Riba, 2002). Dicho método se basa en unas tablas donde cada criterio

(o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asigna los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor;>) que el de las columnas.
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente (=) al de las columnas.
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor;<) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad, (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio o solución.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución, por el peso específico del respectivo criterio o solución.

Como se mencionó anteriormente, las soluciones propuestas son:

- Solución A: ventilación por campana
- Solución B: cortina de agua

Los criterios de valoración que se consideran más determinantes son:

- a) *Funcionalidad*, ya que el sistema debe ser práctico y utilitario, es decir, el sistema debe contrarrestar el riesgo con las características químicas del permanganato de potasio.
- b) *Construcción*, debe ser de fácil construcción, así como también de fácil adquisición de los elementos en el mercado nacional.
- c) *Instalación*, debe facilitar su instalación, ya que el área disponible es muy reducida.
- d) *Costo*, este es un parámetro muy importante, el cual será a un costo accesible para la implantación del sistema (precio moderado).
- e) *Mantenimiento*, se deberá tomar en cuenta las acciones de mantenimiento que no implique parar la producción.

A partir de estos datos iniciales se procede a través de los siguientes pasos:

1. Evaluación del peso específico de cada criterio

En la Tabla 4.21, se indica la evaluación de los criterios de valoración mencionados anteriormente.

Tabla 4.21. Evaluación del peso específico de cada criterio

funcionalidad > construcción > instalación = costo = mantenimiento

Criterio	funcionalidad	construcción	instalación	costo	mantenimiento	$\Sigma + 1$	ponderación
funcionalidad	1	1	1	1	1	5	0,333
construcción	0	1	1	1	1	4	0,267
instalación	0	0	1	0,5	1	2,5	0,167
costo	0	0	0,5	1	0,5	2	0,133
mantenimiento	0	0	0	0,5	1	1,5	0,100
Suma						15	1

Fuente: (Autor)

2. Evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio

En la Tabla 4.22, se indica la evaluación de los pesos específicos de las distintas soluciones para cada criterio de valoración.

Tabla 4.22. Evaluación de los pesos específico de las distintas soluciones para cada criterio

Funcionalidad				
solución B > solución A				
Funcionalidad	solución A	solución B	$\Sigma + 1$	ponderación
solución A		0	1	0,333
solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1
Construcción				
solución B = solución A				
Construcción	solución A	solución B	$\Sigma + 1$	ponderación
solución A		0,5	1,5	0,500
solución B	0,5		1,5	0,500
		Suma	3	1
Instalación				
solución A > solución B				
Instalación	solución A	solución B	$\Sigma + 1$	ponderación
solución A		1	2	0,667
solución B	0		1	0,333
		Suma	3	1
Costo				
solución B > solución A				
Costo	solución A	solución B	$\Sigma + 1$	ponderación
solución A		0	1	0,333
solución B	1		2	0,667
		Suma	3	1
Mantenimiento				
solución A > solución B				
Mantenimiento	solución A	solución B	$\Sigma + 1$	ponderación
solución A		1	2	0,667
solución B	0		1	0,333
		Suma	3	1

Fuente: (Autor)

3. Calculo de la tabla de conclusiones

Finalmente, en la Tabla 4.23, se indica el resultado de las prioridades para cada solución, según los cálculos anteriores.

Tabla 4.23. Resultado de las prioridades para cada solución

Conclusión	funcionalidad	construcción	instalación	costo	mantenimiento	$\Sigma + 1$	prioridad
solución A	0,111	0,133	0,111	0,044	0,067	0,467	2
solución B	0,222	0,133	0,056	0,089	0,033	0,533	1

Fuente: (Autor)

Como se puede observar el resultado de la Tabla 4.23, la solución B es la mejor situada, que es el *sistema de extracción localizada con cortina de agua*, por lo que esta solución es *prioridad* como medida preventiva para mantener el riesgo en un nivel aceptable. En si se reitera nuevamente es prioridad esta medida; porqué en sus características de datos físicos dice: *la solubilidad en agua del permanganato de potasio es altamente soluble* (Hoja informativa sobre sustancias peligrosas, ver Anexos 16 y 17); característica que se tomó muy en cuenta en el criterio de *funcionalidad*.

4.2 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas son:

Hipótesis alternativa (H₁): La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa LDEEC Cia. Ltda. inciden en el ambiente de trabajo.

Hipótesis nula (H₀): La calidad del aire interior en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans en la Empresa LDEEC Cia. Ltda. *NO* inciden en el ambiente de trabajo.

Para la verificación de la hipótesis planteada en la presente investigación, se emplea la prueba estadística chi-cuadrado con la corrección de Yates, (ya que en las frecuencias esperadas, si alguna de ellas tiene un valor inferior a 5, debería emplearse la corrección de Yates), y basándose en los resultados de las encuestas realizada.

Chi-cuadrado (x^2)

El método chi-cuadrado con la corrección de Yates, se basa en la ecuación 4.1.

$$x^2 = \sum \frac{(|Fo - Fe| - 0.5)^2}{Fe} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Dónde:

x^2 = chi-cuadrado calculado

Fo = frecuencia observada

Fe = frecuencia esperada

Grados de libertad (gl)

Los grados de libertad (**gl**), se calcula mediante la siguiente ecuación 4.2, el cual tiene relación con la matriz de la frecuencia observada.

$$gl = (\text{número de filas} - 1) \times (\text{número de columnas} - 1) \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Nivel de significancia (0,05)

Es el error que se puede cometer al rechazar la hipótesis nula siendo verdadera. Por lo general se trabaja con un nivel de significancia de 0,05 (5%), que indica que hay una probabilidad del 0,95 (95%) de que la hipótesis nula sea verdadera.

4.2.1 Frecuencias observadas (Fo)

Al ser las variables de investigación la calidad del aire interior y su incidencia en el ambiente de trabajo; se tomarán en cuenta los resultados de la encuesta de la pregunta 1 y se relacionará con los resultados de la pregunta 5, obteniéndose el

resumen de las frecuencias observadas en la Tabla 4.24, el cual se indica a continuación:

Tabla 4.24. Frecuencias observadas de la investigación

FRECUENCIAS OBSERVADAS (Fo)			
Preguntas	Respuesta		
	SI	NO	TOTAL
1. ¿Está expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado del jeans, que implique molestia o riesgo alguno?	6	0	6
5. ¿Son idóneas las medidas preventivas tomadas de acuerdo a su actividad laboral?	0	6	6
	6	6	12

Fuente: (Autor)

4.2.2 Frecuencias esperadas (Fe)

A partir de los resultados de la Tabla 4.24, es decir de la frecuencia observada se obtienen la frecuencia esperada, los mismos se presentan en la Tabla 4.25, los cuales son los siguientes:

Tabla 4.25. Frecuencias esperadas de la investigación

FRECUENCIAS ESPERADAS (Fe)			
Preguntas	Respuesta		
	SI	NO	TOTAL
1. ¿Está expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado del jeans, que implique molestia o riesgo alguno?	3	3	6
5. ¿Son idóneas las medidas preventivas tomadas de acuerdo a su actividad laboral?	3	3	6
	6	6	12

Fuente: (Autor)

4.2.3 Cálculo del chi-cuadrado (x^2)

Con los resultados de las dos tablas anteriores, y mediante la ecuación 4.1 se calcula el chi-cuadrado, obteniéndose los resultados de la Tabla 4.26, indicados a continuación:

Tabla 4.26. Chi-cuadrado calculado de la investigación

CHI-CUADRADO CALCULADO (x^2)				
Fo	Fe	 Fo-Fe -0.5	(Fo-Fe -0.5)²	(Fo-Fe -0.5)²/Fe
6	3	2,5	6,25	2,08
0	3	2,5	6,25	2,08
0	3	2,5	6,25	2,08
6	3	2,5	6,25	2,08
$x^2=$				8,33

Fuente: (Autor)

Cálculo de los grados de libertad (gl)

Para este cálculo se utiliza la ecuación 4.2, el resultado es el siguiente:

$$gl = (\text{número de filas} - 1) \times (\text{número de columnas} - 1)$$

$$gl = (2 - 1) \times (2 - 1)$$

$$gl = 1$$

Verificación del chi-cuadrado

Dónde:

$$x^2 = \text{chi-cuadrado calculado}$$

$$x^2_{\text{tab}} = \text{chi-cuadrado de tablas}$$

Condiciones:

$$x^2 \leq x^2_{\text{tab}} \rightarrow \text{acepta Hipótesis nula (H}_0\text{) y rechaza Hipótesis alternativa (H}_1\text{)}$$

$$x^2 \geq x^2_{\text{tab}} \rightarrow \text{acepta Hipótesis alternativa (H}_1\text{) y rechaza Hipótesis nula (H}_0\text{)}$$

Con un valor de 1 grado de libertad y una significancia de 0,05 (5%), el valor de chi-cuadrado de tablas (χ^2_{tab}), según el Anexo 18 es: $\chi^2_{tab} = 3,8415$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada se compara el valor encontrado en tablas respecto del calculado, obteniendo la condición siguiente:

$$\chi^2 \geq \chi^2_{tab}$$

$$8,33 \geq 3,84$$

El valor de chi-cuadro calculado es mayor que el encontrado en tablas, por lo que:

Se *acepta la Hipótesis alternativa (H_1)* y se rechaza la Hipótesis nula (H_0), lo que significa que la calidad del aire interior, en el proceso de acabado (sand blast químico) del jeans, en la Empresa LDEEC Cia. Ltda. si inciden en el ambiente de trabajo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el trabajo de investigación se puede establecer las siguientes conclusiones:

- Una vez realizado el diagnóstico de la calidad ambiental interior en el área de sand blast químico durante el proceso de acabado del jeans, se concluye que el parámetro más crítico a evaluar es el uso y actividad del área, por la utilización del permanganato de potasio, en dicho proceso.
- De acuerdo a la evaluación realizada de la calidad ambiental interior, sobre uso y actividades del área, se obtuvieron las mediciones promedios de temperatura, humedad relativa, dióxido de carbono, monóxido de carbono, y partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5), de los cuales todos están dentro del rango de confort, excepto del material particulado que supera el valor límite máximo permitido, según la Norma UNE 171330-2.
- La valoración del Material Particulado de 2,5 μm , es de 1257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el mismo que supera el valor límite máximo de 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Norma UNE 171330-2), debido al proceso de sand blast químico con permanganato de potasio.
- Mediante la valoración cualitativa del permanganato de potasio por el método de la nota NTP 937 (Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS), se puede corroborar que la prioridad de acción es 1, por lo que la nota dice: “riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)”. Así como también con el método la nota NTP 936 (Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials), da como resultado un riesgo potencial de 2, en este

caso la nota dice: “en estas situaciones habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo; el tipo de instalación más habitual para controlar la exposición es la extracción localizada”.

- Por medio de la encuesta, se determinó que la empresa cumple legislativamente con medidas preventivas, sin embargo existe incidentes, por lo cual en la práctica no son tan efectivas estas medidas, por tal razón se requiere controlar al riesgo según su prioridad que es primero la fuente, luego el medio y finalmente tomar acciones sobre el trabajador.
- Además con el uso de la encuesta, se determinó las condiciones al que está expuesto los trabajadores por influencia de la calidad del aire interior, en el área de sand blast químico, los mismo que tiene presente los riesgo del permanganato de potasio y su afán por tener soluciones para mejorar el ambiente de trabajo.
- Mediante el análisis de medidas preventivas del riesgo químico, se puede concluir que es prioridad como medidas; la extracción localizada con cortina de agua. Es decir se plantea medidas de control en la fuente generadora de riesgo y contrarrestar con la solubilidad en agua del permanganato de potasio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Por el resultado de la valoración, en el área de sand blast químico del Material Particulado $2,5\mu\text{m}$ sobre el valor límite, se recomienda definir medidas de control inmediato.
- Se recomienda diseñar una cabina con cortina de agua, el mismo que debería ser adecuado para el ambiente de trabajo, del área de sand blast químico.
- Se recomienda mejorar la ventilación natural e implementar un sistema de ventilación artificial para mejorar la extracción de las partículas del permanganato de potasio, que sería complemento de las medidas preventivas propuestas.
- Se recomienda capacitar constantemente a los trabajadores sobre las características y riesgos del permanganato de potasio, ya que todo el personal no conoce sobre este tema.

- Una vez instalado la cabina de cortina de agua y el sistema de ventilación, se recomienda realizar el mantenimiento de acuerdo a sus requerimientos para el buen funcionamiento de los mismos.
- Se recomienda evaluar periódicamente el estado de salud de los trabajadores, para conocer si tiene implicaciones por el uso diario del permanganato de potasio en el proceso de sand blast químico.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA CON CORTINA DE AGUA EN EL ÁREA DE SAND BLAST QUÍMICO PARA EL PROCESO DE ACABADO DEL JEANS EN LA EMPRESA LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Institución ejecutora: Universidad Técnica de Ambato – Maestría en Diseño Mecánico – Ing. Kléber Chiluisa.

Beneficiarios: Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. – Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ubicación: Parque Industrial 1ra Etapa, calle Quinta Intersección: Avenida F, sector el Pisque, parroquia Izamba, Ambato – Tungurahua.

Tiempo estimado para la ejecución: Abril – Junio del 2017.

Equipo técnico responsable: Investigador y tutor.

Costo: Indeterminado

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Como antecedentes de la propuesta que se plantea, para este proyecto de investigación; según estudios realizados en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en la dirección de posgrados con mención en Diseño Mecánico no existe un estudio sobre la implementación de una cabina con cortina de agua, por lo que es necesario el diseño de dicha cabina, ya que con el estudio de la calidad del aire interior en el área de sand blast químico, es necesario la implementación del mismo.

La propuesta se basa en la ingeniería de diseño y construcción de la cabina con cortina de agua, con el afán de mejorar el puesto de trabajo, por lo que se pretende controlar la exposición por el uso del permanganato de potasio, y así mejorar las condiciones laborales, ya que la empresa no cuenta con una cabina con cortina de agua.

6.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se busca tener las mejores condiciones laborales para el trabajador, es así que en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda., luego de haber realizado el estudio de la calidad del aire interior, en el área de sand blast químico, se evidenció que se requiere tomar medidas correctoras inmediatas, por lo que se requiere implementar una cabina con cortina de agua, con el fin de prevenir y controlar el nivel de riesgo al que están expuesto los trabajadores, sobre todo con el uso del permanganato de potasio, utilizado durante el transcurso de su actividad laboral.

Además la empresa cumple con medidas de prevención en este caso se entrega equipo de protección personal de acuerdo al proceso requerido de sand blast químico, sin embargo no es muy eficiente esta medida ya que existe incidentes. Adicionalmente se debe controlar el riesgo según su prioridad como es primero la fuente, luego el medio y finalmente acciones sobre el trabajador; por lo que con esta implementación se desea controlar en la fuente generadora de riesgo. Es decir se pretende evitar la generación del aerosol producto del residuo del proceso, contrarrestando con la solubilidad en agua del permanganato de potasio.

Cabe recalcar que estas cabinas con cortina de agua todavía no se construye en el país, sin embargo se puede exportar de otros países, ya que su utilización en estos países es muy común, pero resulta el costo muy elevado, el cual no es muy rentable para las empresas, por lo que el empresario no decide invertir en mejorar las condiciones laborales del trabajador.

Es así que se ve la necesidad de diseñar y construir una cabina con cortina de agua, el cual es factible realizarlo, ya que se cuenta con todos los recursos necesarios, y además se aportaría todos los conocimientos adquiridos para un bien común, en este

caso sería los trabajadores de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador, especialmente del área de sand blast químico, para lo cual la empresa también está muy interesada en mejorar las condiciones laborales de sus trabajadores.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una cabina con cortina de agua en el área de sand blast químico para el proceso de acabado del jeans en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda.

6.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la estructura y los elementos que conforman la cabina con cortina de agua.
- Diseñar el sistema de tubería requerido para la cabina con cortina de agua
- Seleccionar el tipo de bomba adecuada para la cabina con cortina de agua.
- Construir y ensamblar todos los elementos diseñados.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la cabina con cortina de agua.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El diseño de la cabina con cortina de agua se ha realizado tomando en cuenta todos los parámetros que influyen en este sistema, como es su estructura principal y su sistema de tubería, por lo tanto es factible realizarlo ya que se dispone toda la información técnica y además se cuenta con programas que ayudaron a modelar el mismo.

Para la construcción de la cabina, se cuenta con el equipo humano y herramientas de un taller industrial ubicado en la ciudad de Latacunga. Cabe recalcar que todos los elementos necesarios para la construcción de la cabina se encuentran en el mercado y son de fácil adquisición, por lo que también hace que este proyecto sea factible de realizarlo.

Además se tiene el apoyo del Gerente de la empresa para la implementación de esta cabina, y así cumplir una de las políticas de la empresa, el cual es mejorar las condiciones del ambiente de trabajo.

6.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

6.6.1 GENERALIDADES

En el mercado internacional existen muchos diseños de cabina con cortina de agua que se pueden adquirir, es así que en Brasil existe la empresa “DEOX Máquinas”, el mismo que ofrece la cabina con cortina de agua que se indica en la Figura 6.1, el cual es el modelo CAD 300.



Figura 6.1. Cabina con cortina de agua modelo CAD 300, suministrada por la “Empresa DEOX Máquinas”
Fuente: www.deox.com.br

Así como también la empresa radicada en Bogotá, Besmac Ingeniería, construye la cabina con cortina de agua el cual se indica en la Figura 6.2, dicha cabina es la siguiente:



Figura 6.2. Cabina con cortina de agua, suministrada por la empresa Besmac Ingeniería S.A.S.

Fuente: www.besmac.net

En el mercado nacional todavía no existen empresas que se dediquen a la fabricación de estas cabinas, por lo que en base al diseño que ofrecen otros países se iniciará el diseño de esta propuesta de la cabina con cortina de agua. Se puede decir que una cabina con cortina de agua consta de dos partes principales que son:

- La estructura de la cabina
- La bomba centrífuga y sus sistema de tubería de conducción

Dicha partes principales se puede observar en la Figura 6.3 que es la cabina suministrada por la Empresa Powdertronic.

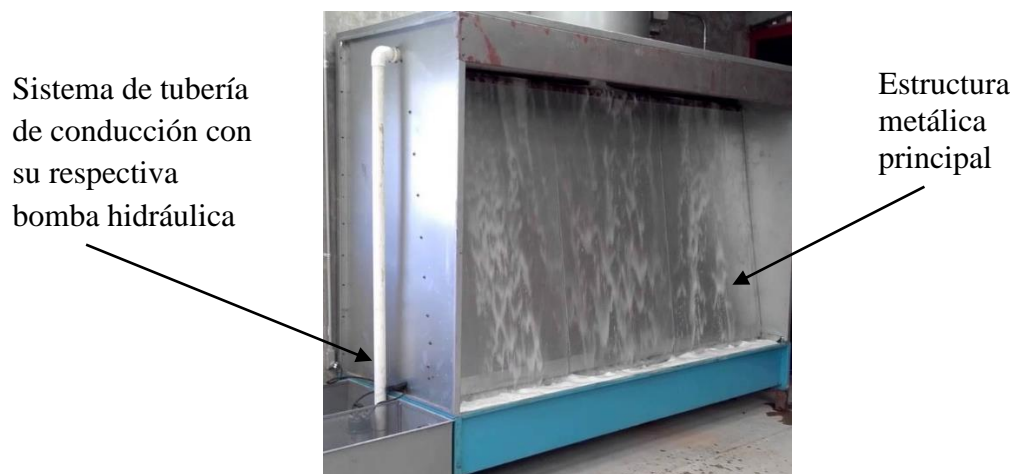


Figura 6.3. Partes principales de la cabina con cortina de agua

Fuente: Autor

A continuación se indica un breve resumen de la fundamentación teórica, que será de gran ayuda para el diseño de la cabina con cortina de agua, como es la dinámica de los fluidos, la teoría de bombas hidráulicas especialmente la centrífuga y del tanque de depósito rectangular.

6.6.2 DINÁMICA DE LOS FLUIDOS

La dinámica de los fluidos es aquel fluido que se mueve a través de conductos o tubos.

Debido a que el estudio de la mecánica de los fluido, por lo general tiene que ver con fluidos que circulan en forma continua o con una cantidad pequeña de ellos que permanece en reposo, es más conveniente relacionar la masa y el peso del fluido con un volumen dado de éste. Por lo tanto, las propiedades de la densidad y el peso específico se define mediante las siguientes ecuaciones 6.1 y 6.2 (Mott, 2006).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Dónde:

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

m = masa de la sustancia o fluido [kg]

v = volumen de la sustancia que tiene masa [m³]

Es decir la *densidad* es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia o fluido.

Mientras que el peso específico se define mediante la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{w}{v} \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Dónde:

γ = peso específico del fluido [N/m³]

w = peso de la sustancia o fluido [N]

v = volumen de la sustancia que tiene peso [m^3]

Entonces el *peso específico* es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

Además es común utilizar tres medidas para el flujo de fluidos, las cuales son:

El *flujo volumétrico*, Q , que es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El *flujo en peso*, W , es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El *flujo másico*, M , es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El flujo volumétrico Q , es el más importante de los tres, y se calcula con la ecuación 6.3, tal como se indica a continuación:

$$Q = A * V \qquad \text{Ecuación 6.3}$$

Dónde:

Q = Flujo volumétrico o caudal del fluido [m^3/s]

A = Área de la sección [m^2]

V = Velocidad promedio del flujo [m/s]

Debido a que los metros cúbicos por segundo (m^3/s) y los pies cúbicos por segundo ($pies^3/s$) son flujos enormes, es frecuente que se manejen otras unidades como litros por minuto (L/min), metros cúbicos por hora (m^3/h) y galones por minuto (gal/min o gpm).

6.6.2.1 La ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una relación aproximada entre la presión, la velocidad y la elevación, y es válida en regiones de flujo estacionario e incompresible en donde las fuerzas netas de fricción son despreciables (Cengel, 2006).

A continuación en la ecuación 6.4, se indica la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z = \text{constante (a lo largo de una línea)} \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Dónde:

P = Presión del fluido [KPa]

V = Velocidad del fluido [m/s]

z = Altura [m]

g = aceleración de la gravedad [m/s²]

γ = Peso específico del fluido [KN/m³]

El valor de la constante puede evaluarse en cualquier punto de la línea de corriente en donde se conozcan la presión, densidad, velocidad y elevación. La ecuación de Bernoulli también puede escribirse entre dos puntos cualesquiera sobre la misma línea de corriente, tal como indica en la ecuación 6.5.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad \text{Ecuación 6.5}$$

Es decir cada término de la ecuación de Bernoulli es una forma de la energía que posee el fluido por unidad de peso del fluido que se mueve en el sistema, lo que significa que:

$\frac{P_1}{\gamma}$ es la carga de presión

$\frac{V_1^2}{2g}$ es la carga de velocidad

z_1 es la carga de elevación

A la suma de estos tres términos se le denomina carga total.

A continuación en la Figura 6.4 se puede observar una representación de la carga de presión, la carga de elevación, la carga de velocidad y la carga total.

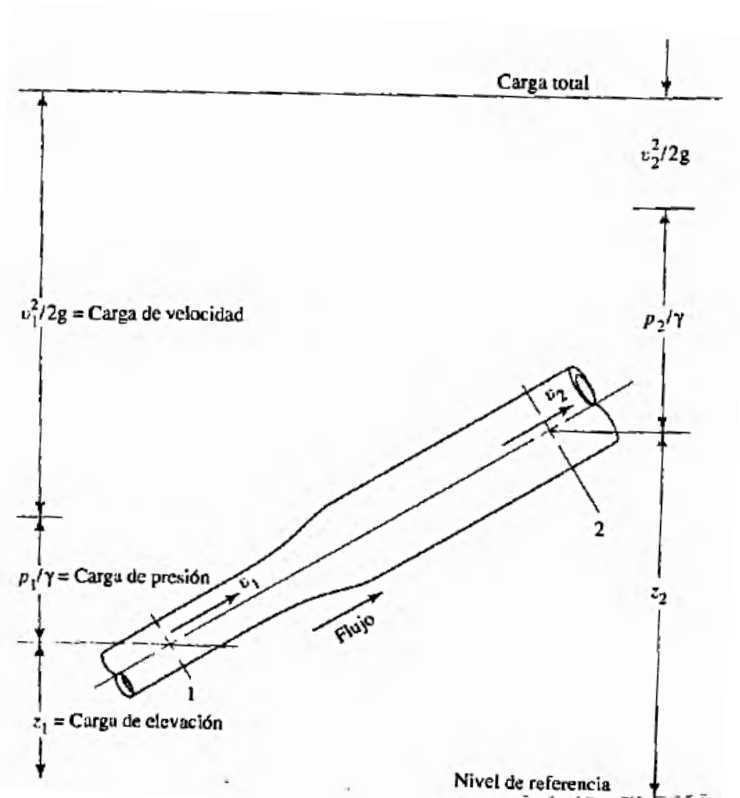


Figura 6.4. Carga de presión, carga de elevación, carga de velocidad y carga total.
Fuente: (Mott, 2006)

En resumen la ecuación de Bernoulli toma en cuenta los cambios en la carga de elevación, carga de presión y carga de velocidad entre dos puntos en un sistema de flujo de fluido. Se supone que no hay pérdidas o adiciones de energía entre los dos puntos, por lo que la carga total permanece constante.

Sin embargo, hay varias restricciones para utilizar la ecuación de Bernoulli, algunas de estas restricciones son:

- Sólo es válido para fluidos incompresibles
- Entre las dos secciones de interés no puede haber dispositivos mecánicos como bombas, motores de fluidos o turbinas.
- No puede haber pérdidas de energía por la fricción o turbulencia que generan válvulas y accesorios en el sistema de flujo.

En realidad ningún sistema satisface a estas restricciones, por lo que a la ecuación de Bernoulli es necesario incrementos de energía, a la cual se denominará como la ecuación general de la energía.

6.6.2.2 Ecuación general de energía

Con esta expresión matemática se hace factible resolver problemas en los que hay pérdidas y ganancias de energía. En la Figura 6.5, se puede observar la interpretación lógica de la ecuación de la energía, la cual representa un sistema de flujo.

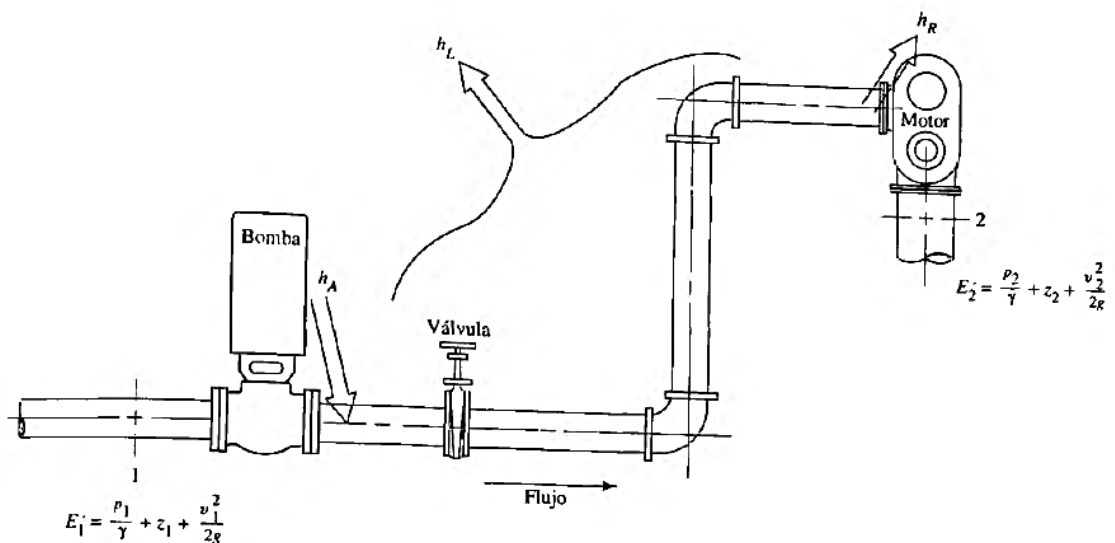


Figura 6.5. Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía
Fuente: (Mott, 2006)

Los términos E_1' y E_2' denotan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y pérdidas h_A , h_R y h_L . Para un sistema de flujo, la expresión de conservación de energía es tal como se indica en la ecuación 6.6.

$$E_1' + h_A - h_R - h_L = E_2' \quad \text{Ecuación 6.6}$$

Dónde:

E_1' y E_2' = energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente.

h_A = energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba [m].

h_R = energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como es un motor de fluido [m].

h_L = pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios [m].

La energía que posee el fluido por unidad de peso es, como indica la ecuación 6.7.

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z = E' \quad \text{Ecuación 6.7}$$

Entonces la ecuación 6.6, se convierte en la ecuación 6.8 que se indica a continuación:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad \text{Ecuación 6.8}$$

Esta la forma de la ecuación de la energía que con mayor frecuencia se emplea, al igual que en la ecuación de Bernoulli, cada término de la ecuación 6.8, representa una cantidad de energía por unidad de peso de fluido que circula por el sistema.

6.6.2.3 Pérdidas de energía

Se debe analizar las pérdidas de energía que ocurre conforme los fluidos circulan en sistemas reales de tubería. Para analizar dichas pérdidas de energía debe usarse el número de Reynolds, que caracteriza la naturaleza del flujo.

Las pérdidas por fricción ocurren conforme el fluido circula por tramos rectos en ductos y tuberías. Las pérdidas por fricción provocan que la presión disminuya a lo largo de la tubería e incremente la potencia que una bomba debe transmitir al fluido.

Número de Reynolds

Los fluidos con número de Reynolds bajo son lentos y suaves, y se les conoce como *flujo laminar*.

Los fluidos con número de Reynolds elevados son rápidos e irregulares, y se les conoce como *flujos turbulentos*.

Es decir cuando el agua sale de un grifo a velocidad muy baja, el flujo parece suave y estable. La corriente tiene diámetro casi uniforme y hay poca o ninguna evidencia de que sus distintas partes se mezclan. A este se le denomina *flujo laminar*, término derivado de la palabra lamina,

Y cuando el grifo está abierto casi por completo, el agua tiene una velocidad mayor, los elementos del fluido parecen mezclarse en forma caótica dentro de la corriente. Esta es la descripción general de un *flujo turbulento* (Mott, 2006).

“Osborne Reynolds fue el primero en demostrar que es posible pronosticar el flujo laminar o turbulento si se conoce la magnitud del número adimensional, al que hoy se le denomina número de Reynolds (N_R). La ecuación 6.9 muestra la definición básica del número de Reynolds” (Mott, 2006).

$$N_R = \frac{V * D_i * \rho}{\eta} \quad \text{Ecuación 6.9}$$

Dónde:

N_R = número de Reynolds (número adimensional)

V = velocidad de flujo promedio [m/s]

D_i = diámetro interno del ducto o tubo [m]

ρ = densidad del fluido [kg/m³]

η = viscosidad dinámica del fluido [kg/m.s] ó [Pa.s]

Según el autor Mott, (2006) para aplicaciones prácticas del flujo en tuberías, si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, este será laminar. Si el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo es turbulento. En el rango de número de Reynolds entre 2000 y 4000 es imposible predecir que flujo existe; por tanto, se denomina región crítica, en el cual en la práctica es usual cambiar la tasa

de flujo o diámetro del tubo para hacer que el flujo sea en definitiva laminar o turbulento.

Ecuación de Darcy

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional (f).

Es decir para el caso del flujo en tuberías y tubos, la fricción es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente, esto se expresa en forma matemática como la ecuación de Darcy, tal como se indica en la ecuación 6.10.

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 6.10}$$

Dónde:

h_L = pérdidas de energía debido a la fricción [m]

f = factor de fricción (adimensional)

L = longitud de la corriente de fluido [m]

D = diámetro interno de la tubería [m]

V = velocidad promedio del flujo [m/s]

g = aceleración de la gravedad [m/s^2]

La pérdida de carga h_L representa la altura adicional que el fluido necesita para elevarse por medio de una bomba con la finalidad de superar las pérdidas por fricción en la tubería.

Factor de fricción (f)

Es un parámetro cuyo resultado es adimensional, y este factor de fricción está en función de la rugosidad de la tubería y del Número de Reynolds (régimen de flujo laminar o turbulento).

Factor de fricción para el flujo laminar

En la zona de flujo laminar, donde el $N_R < 2000$, el factor de fricción (f) se obtiene con la ecuación 6.11, tal como indica a continuación:

$$f = \frac{64}{N_R} \quad \text{Ecuación 6.11}$$

Dónde:

f = factor de fricción (adimensional)

N_R = número de Reynolds (adimensional)

Factor de fricción para el flujo turbulento

En la zona de flujo turbulento, donde el $N_R > 4000$, la ecuación para el cálculo directo del valor del factor de fricción (f), la desarrollaron P. K. Swamee y A. K. Jain, el cual se indica en la ecuación 6.12.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 6.12}$$

Dónde:

f = factor de fricción (adimensional)

D = diámetro interno de la tubería [m]

ϵ = rugosidad relativa del material de la tubería a utilizarse [m]

N_R = número de Reynolds (adimensional)

A continuación en la Figura 6.6, se indica valores de rugosidad relativas de algunos materiales de tubería los cuales son:

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Figura 6.6. Valores de diseño de la rugosidad de tubos
Fuente: (Mott, 2006)

Pérdidas menores por accesorios

Muchas de las pérdidas que ocurren en codos, válvulas, tees, medidores, y otros elementos de control, son pequeñas en comparación con la pérdida de energía debido a la fricción en secciones largas y rectas de tubería, a estas pérdidas reciben el nombre de pérdidas menores, las cuales es necesario que se les evalúe.

Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, conforme pasa por un codo, expansión o contracción de la sección de flujo, o por una válvula. Por lo general, los valores experimentales de las pérdidas de energía se reportan en términos de un coeficiente de resistencia K . A continuación las pérdidas menores h_L en función del coeficiente de resistencia K es la ecuación 6.13.

$$h_L = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 6.13}$$

Dónde:

h_L = pérdida menores [m]

K = coeficiente de resistencia (adimensional)

V = velocidad promedio del flujo [m/s]

g = aceleración de la gravedad [m/s^2]

El coeficiente de resistencia K es adimensional debido a que representa una constante de proporcionalidad entre la pérdida de energía y la carga de velocidad. Su magnitud depende de la geometría del dispositivo que ocasiona la pérdida, y en algunas ocasiones de la velocidad del flujo. En los Anexos 19 y 20 se presentan algunos valores del coeficiente de resistencia o pérdida K .

6.6.3 BOMBAS HIDRÁULICAS

6.6.3.1 Bombas hidráulicas

Las bombas se utilizan para impulsar líquido a través del sistema de tuberías. Su función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica al empujar el fluido hidráulico dentro del sistema, es decir es una máquina hidráulica que añade energía a un fluido

Clasificación de las bombas hidráulicas

Según el autor Mott (2006), clasifica las bombas en dos tipos como de desplazamiento positivo y cinéticas, las cuales se subdivide tal como indica en la Figura 6.7, que se puede observar a continuación:

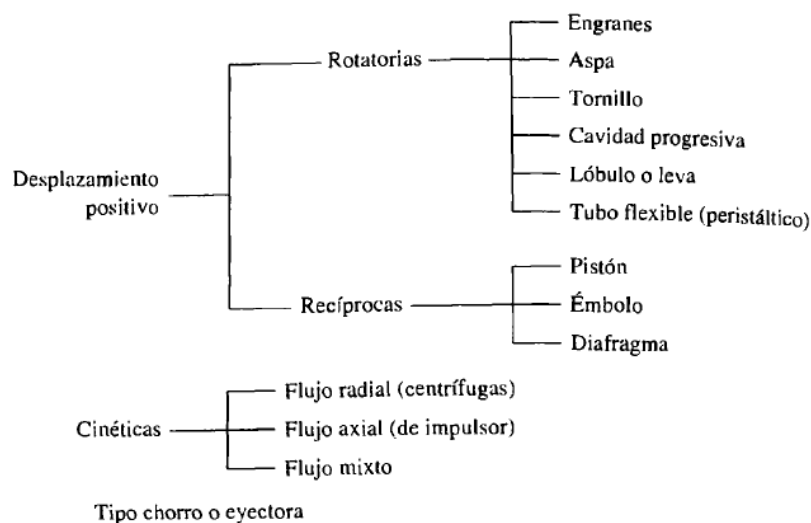


Figura 6.7. Clasificación de los tipos de bombas

Fuente: (Mott, 2006)

El tipo de bomba de chorro o eyectora, es una versión especial de la bomba cinética centrífuga. En las bombas de desplazamiento positivo lo ideal es que envíen una cantidad fija de fluido en cada revolución del rotor o eje impulsor de la bomba. Estas bombas por lo general son usadas para transmitir potencia.

En las bombas cinéticas agregan energía al fluido cuando lo aceleran con la rotación de un impulsor. Es decir la mayoría de este tipo de bombas de desplazamiento no positivo, opera por medio de la fuerza centrífuga en donde los fluidos entran al centro de la caja de la bomba y son expulsados por el rápido empuje de un impulsor. La bomba centrífuga de flujo radial, es el tipo más común de bomba cinética. El fluido se lleva al centro del impulsor y después es lanzado hacia afuera por las aspas.

Bombas Centrífugas

Las bombas centrífugas se identifican con facilidad por su carcasa en forma de caracol conocido como voluta. Y estas bombas se encuentran en todos lados de los hogares (máquinas lavaplatos, aspiradoras, etc.), se utilizan en automóviles (bombas de agua del motor, etc.) y en la mayoría de las industrias en las cuales los fluidos tienen que bombearse.

A continuación en la Figura 6.8, se ilustra un diagrama de una bomba centrífuga típica, donde se indica la vista lateral y frontal de la bomba. El fluido ingresa en forma axial en el punto medio de la bomba (el ojo), es lanzado hacia la parte exterior de los álabes del rotor (o impulsor o rodete), luego pasa al difusor de expansión (voluta) y se descarga por un lado de la bomba. Se define r_1 y r_2 como las ubicaciones radiales de los álabes del rotor en la entrada y la salida, respectivamente; y b_1 y b_2 son los anchos de los álabes en la entrada y salida del rotor, respectivamente (Cengel, 2006).

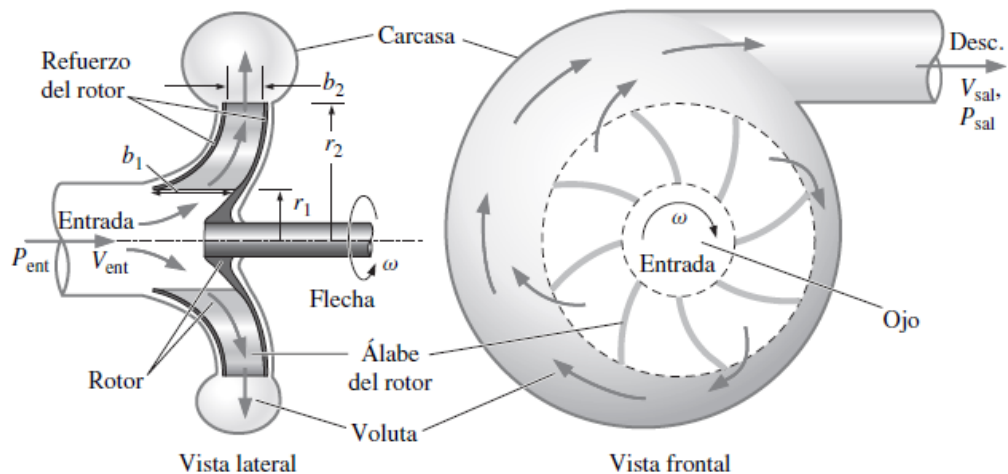


Figura 6.8. Vista lateral y frontal de una bomba centrífuga típica

Fuente: (Cengel, 2006)

Es decir el fluido entra de manera axial a través de la parte central hueca de la bomba (el ojo), después del cual el fluido enfrenta los álabes rotatorios, adquiere velocidad tangencial y radial por la transferencia de cantidad de movimiento por parte de los álabes, y adquiere velocidad radial adicional por las fuerzas llamadas centrífugas, el flujo sale del rotor después de ganar tanto velocidad como presión cuando es lanzado radialmente hacia afuera del rotor hacia la voluta (Cengel, 2006).

6.6.3.2 Parámetros de bombas

Energía agregada al fluido

Como ya mencioné anteriormente las bombas se utilizan para impulsar líquido a través del sistema de tuberías, por lo que estas agregan energía al fluido, a la cual se la determino como h_A , en la ecuación general de la energía (ecuación 6.8), el cual es lo siguiente:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \quad \text{Ecuación 6.8}$$

Dónde:

h_A = energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

Por lo general la mayoría de los sistemas de tubería prácticos incluyen una bomba para llevar un fluido de un depósito a otro, tal como indica la Figura 6.9

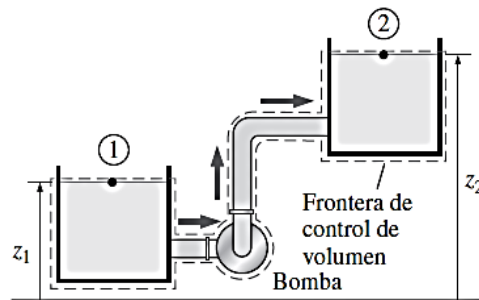


Figura 6.9. Esquema típico cuando una bomba pasa un fluido de un depósito a otro

Fuente: (Cengel, 2006)

En el cual se consideran que los puntos 1 y 2 están en las *superficies libres* de los depósitos, por lo que las velocidades en las superficies libres son despreciables al igual que las presiones que están a presión atmosférica. Además si no dispone de energía que remueve al fluido por medio de un dispositivo mecánico, la carga h_R será igual a cero, lo que resulta así la ecuación general de la energía:

$$\frac{P_1^0}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2^0}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

Del cual despejando h_A , resulta la ecuación 6.14.

$$h_A = (z_2 - z_1) + h_L \quad \text{Ecuación 6.14}$$

Dónde:

h_A = energía que se agrega al fluido o carga de bomba útil necesaria [m].

z_1 = nivel de elevación del depósito 1 (ver Figura 6.6) [m].

z_2 = nivel de elevación del depósito 2 (ver Figura 6.6) [m].

h_L = pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios [m].

Es decir la carga de bomba útil es igual a la diferencia de elevación entre los dos depósitos más la pérdida de carga (Cengel, 2006).

Potencia que requieren las bombas

“La potencia se define como la rapidez a que se realiza un trabajo. En la mecánica de fluidos se modificó dicho enunciado y se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere la energía” (Mott, 2006).

La potencia que transmite la bomba al fluido se calcula mediante la ecuación 6.15.

$$P_A = h_A * \gamma * Q \quad \text{Ecuación 6.15}$$

Dónde:

P_A = potencia que transmite la bomba al fluido [W]

h_A = energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba [m].

γ = Peso específico del fluido que circula a través de la bomba [N/m³]

Q = Flujo volumétrico o caudal del fluido [m³/s]

Cabe recalcar que la mayoría de la potencia de las bombas esta expresada en Horsepower (hp), por lo que se debe transformar los Watts (W) a hp, para esto utilizamos la siguiente expresión:

$$1\text{hp} = 745.7 \text{ W}$$

Eficiencia mecánica de las bombas

Este término eficiencia se utiliza para denotar la relación de la potencia transmitida por la bomba al fluido a la potencia que suministra la bomba. Esto es debido a las pérdidas de energía por fricción mecánica en los componentes de la bomba, fricción del fluido y la turbulencia excesiva en esta. Es decir no toda la potencia de entrada se trasmite al fluido. Esto se conoce como la eficiencia mecánica e_M , y se calcula con la ecuación 6.16, el cual es la siguiente ecuación (Mott, 2006):

$$e_M = \frac{P_A}{P_I} \quad \text{Ecuación 6.16}$$

Dónde:

e_M = eficiencia mecánica de la bomba (adimensional)

P_A = potencia que transmite la bomba al fluido [W] ó [hp]

P_I = potencia suministrada por la bomba [W] ó [hp]

“El valor de e_M siempre será menor que 1.0” (Mott, 2006).

6.6.3.3 Carga de succión neta positiva (NPSH – Net Positive Suction Head)

La parte importante del proceso de selección de bombas es garantizar que la condición del flujo que entra a la bomba sea la apropiada para mantener un flujo completo de líquido. El factor principal es la presión del fluido a la entrada de la bomba, conocido comúnmente como presión de succión.

El diseño del sistema de tubería de la succión debe proporcionar una presión suficientemente alta para evitar que se desarrollen burbujas de vapor dentro del fluido en movimiento, condición que recibe el nombre de cavitación. Es decir la presión de succión en la entrada de la bomba deber ser alta para que no se formen burbujas en fluido como si hirviera (cavitación).

Con el fin de evitar la cavitación, es necesario tener la certeza de que la presión local en cualquier punto de la bomba se mantiene por arriba de la presión de vapor. Para lo cual es necesario calcular la carga de succión neta positiva (*NPSH*, por sus siglas en ingles).

Aquí hay que tener presente dos conceptos:

NPSH_R (Requerido)

Es la *NPSH* mínima que se necesita para evitar la cavitación. Depende de las características de la bomba, por lo que es un dato regularmente proporcionado por el fabricante y generalmente está especificado en gráficas.

Es decir los fabricantes de bombas prueban cada diseño para determinar el nivel de presión de succión que se requiere, con el fin de evitar la cavitación, y reportan los resultados como la *carga de succión positiva neta requerida*, $NPSH_R$, de la bomba

en cada condición de capacidad de operación (flujo volumétrico) y carga total sobre la bomba.

NPSH_A (Disponible)

Depende de las características de la instalación y del líquido a bombea. Esta es independiente del tipo de bombas y se calcula de acuerdo a las condiciones atmosféricas y de la instalación u operación.

El valor de la $NPSH_A$ depende de la presión del vapor del fluido que se bombea, las pérdidas de energía en el tubo de succión, la ubicación del almacenamiento de fluido y la presión que se aplica a éste. Esto se expresa mediante la ecuación 6.17.

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad \text{Ecuación 6.17}$$

Dónde:

$NPSH_A$ = carga de succión neta positiva disponible [m]

h_{sp} = carga de presión estática (absoluta) sobre el fluido en el almacenamiento [m]

h_s = diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba [m]

h_f = pérdida de carga en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores [m]

h_{vp} = carga de presión de vapor de líquido a la temperatura de bombeo [m]

En la Figura 6.7 se puede observar la representación de los términos utilizados para el cálculo del NPSH.

Además en la ecuación 6.17 hay que considerar lo siguiente:

La carga de presión estática (absoluta) h_{sp} se debe calcular con la siguiente ecuación 6.18.

$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma} \quad \text{Ecuación 6.18}$$

Dónde:

P_{sp} = presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito [KN/m²]

γ = Peso específico del fluido que circula a través de la bomba [KN/m³]

Pero hay que considerar que la presión estática o absoluta se realiza mediante la ecuación 6.19, el cual es el siguiente:

$$P_{sp} = P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \quad \text{Ecuación 6.19}$$

Dónde:

P_{abs} = presión absoluta [Pa] ó [N/m²]

P_{man} = presión manométrica en el tanque o reservorio [Pa] ó [N/m²]

P_{atm} = presión atmosférica local [Pa] ó [N/m²]

Cabe recalcar que si la superficie del agua (tanque o reservorio abiertos) se encuentra abierta a la atmósfera, la presión manométrica P_{man} es igual a 0. (Mott, 2006)

Para el signo (\pm) a considerar para la diferencia de elevación h_s se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Si la bomba está abajo del depósito, h_s es positiva [ver Figura 6.10 (a)]
- Si la bomba está arriba del depósito, h_s es negativa [ver Figura 6.10 (b)]

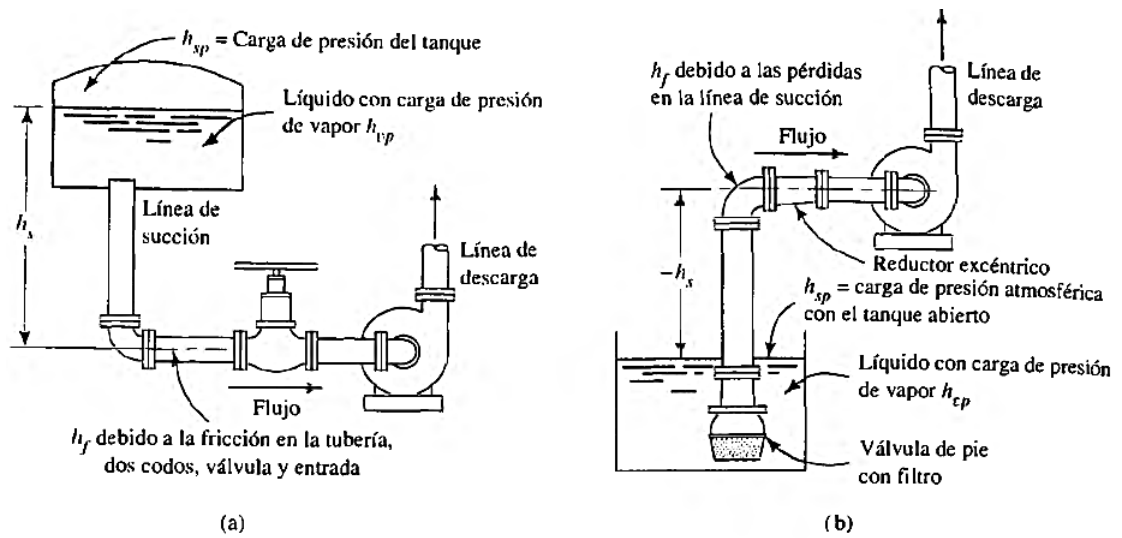


Figura 6.10. Detalles de la línea de succión de la bomba y definición de términos para el cálculo del NPSH.

Fuente: (Mott, 2006)

La Figura 6.11 presenta una lista de los valores de la presión de vapor y la carga de presión de vapor del agua h_{VP} .

Temperatura °C	Presión de vapor kPa (abs)	Peso específico (kN/m³)	Carga de presión de vapor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.7580
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.250
80	47.34	9.530	4.967
90	70.10	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

Figura 6.11. Presión de vapor y carga de presión de vapor del agua

Fuente: (Mott, 2006)

Es muy importante garantizar que el sistema de bombeo, la *carga de succión neta positiva disponible*, $NPSH_A$, este muy arriba de la $NPSH_R$, para evitar la cavitación lo que resulta así:

$$NPSH_A > NPSH_R$$

6.6.4 TANQUES RECTANGULARES METÁLICOS

Los tanques son estructuras especialmente diseñadas y construidas con el propósito de almacenar sustancias fluidas como agua, productos derivados del petróleo, productos químicos, etc. El contenido a almacenar en un tanque definirá la forma y dimensiones de dichos tanques, influyendo también en la elección del material y la calidad con la que se va a construir. Los tipos más comunes de depósitos en la industria local son, tanques cilíndricos verticales y horizontales o tanques rectangulares.

Los tanques rectangulares o de pared plana se utilizan únicamente para presiones hidrostáticas bajas, debido a su forma mecánicamente débil. La cantidad de material requerida para los tanques rectangulares es mayor que la que requiere los tanques cilíndricos de igual capacidad. Sin embargo, a veces se prefiere utilizar dichos tanques rectangulares por la facilidad de fabricación y una buena utilización del espacio (Megyesy, 1992).

Para el cálculo del espesor de la plancha con el que se fabricará el tanque rectangular, se utilizará la ecuación 6.20, (Megyesy, 1992):

$$t = 2.45 * L \sqrt{\frac{\alpha * H * 0.036 * G}{s}} \quad \text{Ecuación 6.20}$$

Dónde:

t = espesor de la placa requerido [pulg]

L = longitud del tanque [pulg]

α = factor que depende de la relación de la longitud a la altura del tanque, H/L (según Figura 6.12)

H = altura del tanque [pulg]

G = gravedad específica del líquido o fluido (agua = 1 ó 1 lb/pulg³)

S = valor del esfuerzo de fluencia de la placa o plancha del tanque [lb/pulg²]

A continuación, se indica la Figura 6.12, donde se obtiene el valor de α según la relación H/L.



Figura 6.12. Valores de α utilizadas en la fórmula para tanques rectangulares
Fuente: (Megyesy, 1992)

Luego del breve resumen de la fundamentación teórica de la cabina con cortina de agua, a continuación se va a ir detallando el diseño de cada uno de estos parámetros importantes que conforman la cabina con cortina de agua.

6.7 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación se describe los cálculos para el diseño de la propuesta, para posteriormente su construcción y funcionamiento de la misma.

6.7.1 LA ESTRUCTURA DE LA CABINA

En la Figura 6.13 se observa el área para ser ubicada la cabina con cortina de agua, el cuál es un parámetro muy importante para analizar las dimensiones de la estructura de la cabina con cortina de agua.



Figura 6.13. Área de sand blast químico del jeans, para implementación de la cabina con cortina de agua

Fuente: (Autor)

Las dimensiones del área de sand blast químico son 6 metros de largo por 2,15 metros de alto y 0,7 metros de profundidad. Cabe recalcar que estas dimensiones no está considerados el espacio disponible para ubicar ya el producto terminado. A continuación en la Figura 6.14 se representa un esquema de las dimensiones del área de sand blast químico disponible.

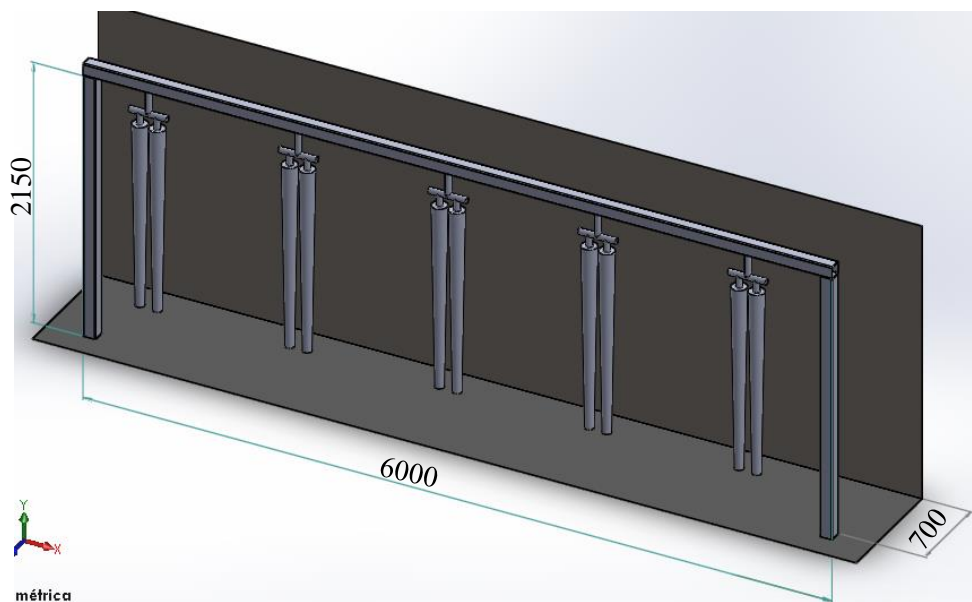


Figura 6.14. Esquema del área de sand blast químico del jeans, disponible para la implementación de la cabina con cortina de agua

Fuente: (Autor)

Según el área disponible para la ubicación de la cabina con cortina de agua, esta cabina tendrá las siguientes dimensiones:

- Largo: 5,7 metros
- Alto: 1,9 metros
- Ancho o profundidad: 0,5 metros

Pero para el diseño de la estructura de la cabina con cortina de agua hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El proceso de construcción de la estructura
- El transporte de la estructura al sitio requerido para su funcionamiento
- Y por último el montaje de la estructura

El factor crítico sería el montaje de la estructura, por lo que este elemento se va a diseñar en 3 partes, para facilitar el transporte y a la vez el montaje de la misma. Es decir la estructura será de 3 módulos iguales y sus dimensiones serán las siguientes:

- Largo: 1,9 metros
- Alto: 1,9 metros
- Ancho o profundidad: 0,5 metros

En la Figura 6.15, se indica el esquema de la estructura para la cabina con cortina de agua, el mismo que está realizado en un software CAD, para modelado en 3D.

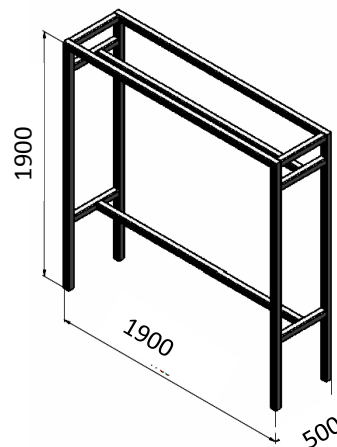


Figura 6.15. Esquema de la estructura para la cabina con cortina de agua
Fuente: (Autor)

Para la estructura se utilizará *tubo estructural cuadrado de 50x2mm* de Norma ASTM A-500 galvanizado, su límite de fluencia es 46 ksi y tiene una resistencia a la tracción de 58 ksi, ver sus propiedades en el Anexo 21 y 22.

Se debe tomar en cuenta que en la estructura de la cabina en la parte superior, va estar apoyada un recipiente o depósito de las dimensiones, tal como se indica en la Figura 6.16. Estas dimensiones están especificadas en metros.

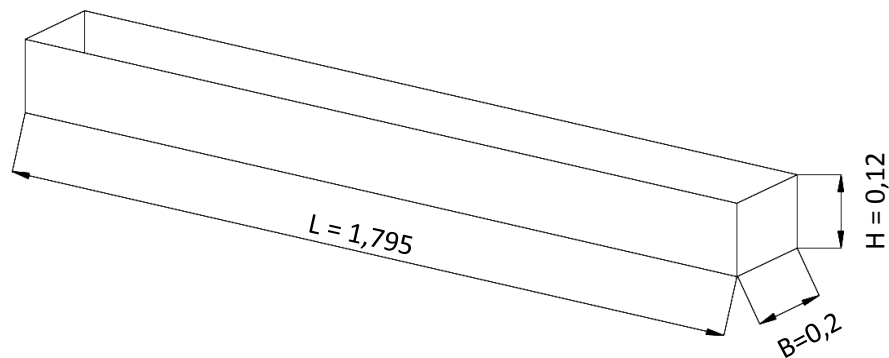


Figura 6.16. Tanque o depósito apoyado en la parte superior de la estructura de la cabina

Fuente: (Autor)

Este depósito tendrá la siguiente cantidad de volumen de agua (v):

$$v = 1,795m * 0,2m * 0,12m$$

$$v = 0,04308 m^3 \left| \frac{1000 \text{ litros}}{1m^3} \right|$$

$$v = 43,0 \text{ litros}$$

Hay que considerar que este volumen de agua será igual al siguiente valor de peso (w), para lo cual se despeja de la ecuación 6.2.

$$\gamma = \frac{w}{v} \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Despejando resulta:

$$w = \gamma * v$$

Dónde:

w = peso de la sustancia o fluido [N]

γ = peso específico del fluido [N/m³]

v = volumen de la sustancia que tiene peso [m³]

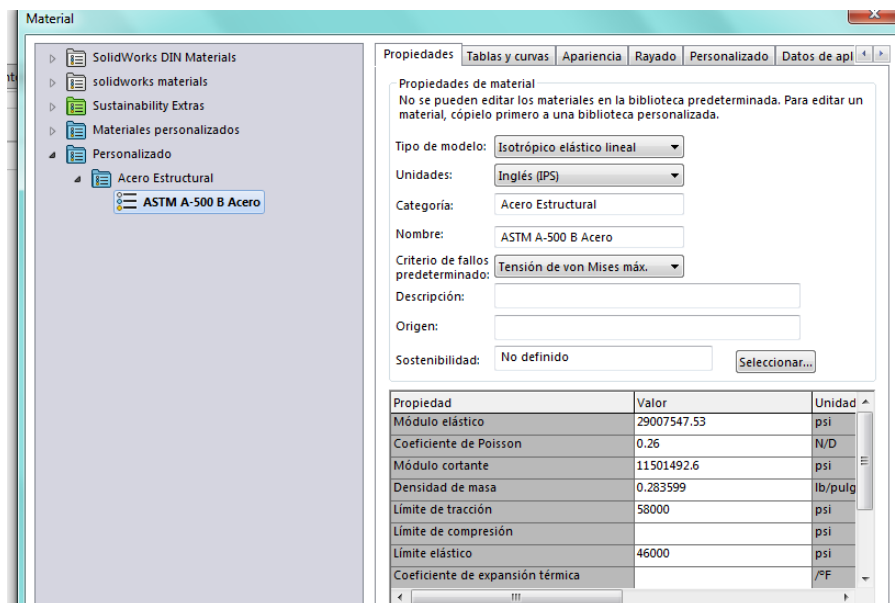
Para el peso específico del agua (γ) se considera a una temperatura de 20°C, el cual su valor es 9790 N/m³ (ver Anexo 25), entonces el valor del peso (w) resulta así:

$$w = 9790 \frac{N}{m^3} * 0,04308m^3$$

$$w = 421,75N$$

Este peso (w) o fuerza será la que va a soportar en la parte superior la estructura de la cabina con cortina de agua, el cual hay que considerar para el diseño.

Una vez ya modelado la estructura con su respectivo perfil asignado, se analiza su *factor de seguridad* (n) para la carga asignada, para lo cual se utiliza un software CAD (Diseño Asistido por Computadora) de análisis, basado en el método por elementos finitos, en el mismo, se simula su comportamiento bajo las condiciones reales de trabajo de la estructura. Estas condiciones de contorno asignado se indican en la Figura 6.17, en aquello se puede observar el material asignado, el empotramiento en la parte inferior y la carga asignada en la parte superior, condiciones de la estructura.



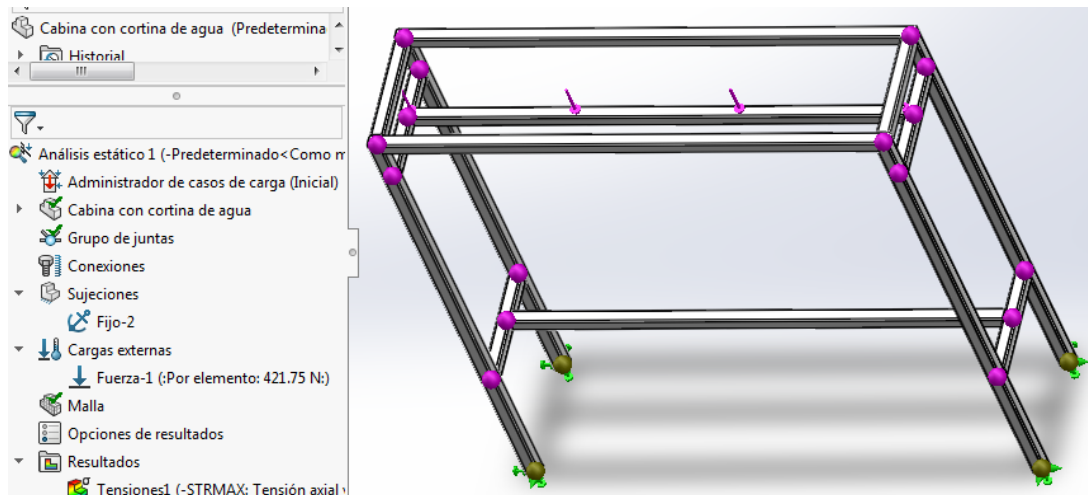


Figura 6.17. El material y las condiciones de contorno asignado a la estructura de la cabina

Fuente: (Autor)

Una vez ya realizado la simulación del análisis estático en el software CAD para modelado mecánico en tres dimensiones, se puede evaluar el *factor de seguridad* (n) de la estructura simulada, pudiendo rediseñar según sea el caso la estructura, para evitar problemas durante el funcionamiento real de la estructura. Hay que considerar que el término *factor de seguridad* (n) se aplica al factor utilizado para evaluar la condición segura de un elemento, así como también para optimizar dichos elementos. Naturalmente el *factor de seguridad* (n) debe ser mayor que 1 para evitar fallas. Es decir si $n > 1$ el diseño es adecuado; entre mayor sea n más seguro será el diseño, pero tampoco se debe exagerar porque también se trata de optimizar el diseño, por lo general suele ser de 1 a 10 este factor.

Para este caso el *factor de seguridad* de la estructura es 32, el cual se puede decir que está en condiciones segura la estructura por lo tanto su diseño es adecuado. Este valor del factor de seguridad se puede visualizar en la Figura 6.18, el cual es tomado del software CAD de análisis, basado en el método por elementos finitos, luego de ejecutar dicho análisis.

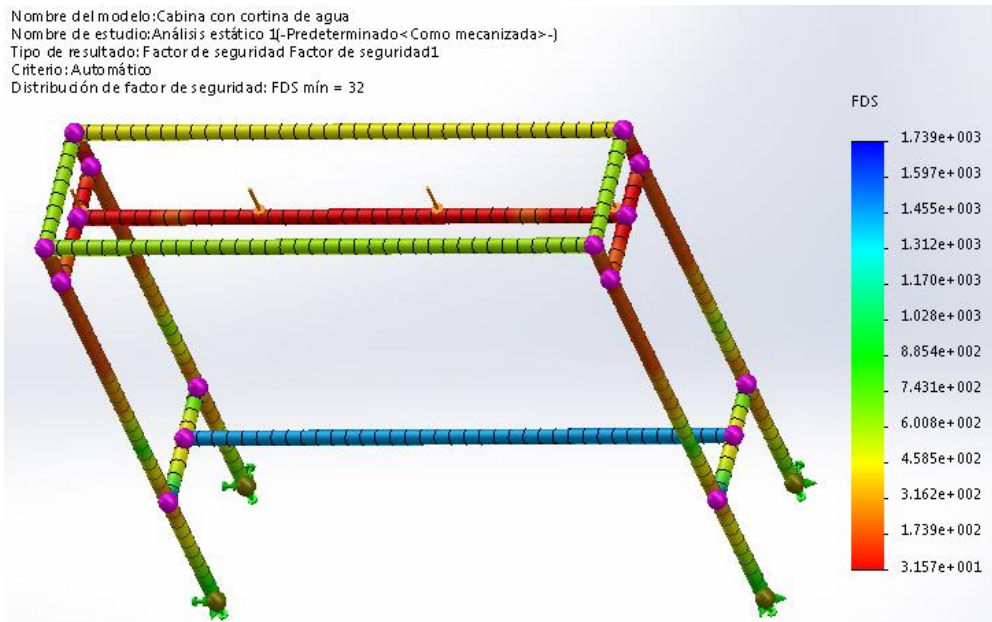


Figura 6.18. Factor de seguridad de la estructura de la cabina
Fuente: (Autor)

Cabe recalcar que se puede optimizar la estructura, el cual su factor de seguridad es muy alto ($n = 32$), ya que si se realiza un único módulo el factor de seguridad es muy bajo, pero por motivos de montaje se lo realiza en tres módulos iguales, esto da como resultado un factor de seguridad muy alto.

Finalmente se debe recordar, lo que caracteriza al análisis estático es el hecho que las cargas actuantes sobre la estructura no dependen del tiempo. Además mediante los análisis estáticos de piezas o modelos compuestos, se puede simular los desplazamientos, las fuerzas de reacción, las tensiones y las deformaciones unitarias que se producen en su modelo tridimensional bajo unas condiciones de contorno previamente definidas; así como también, se puede evaluar el factor de seguridad de un modelo simulado.

La tendencia de una columna a pandearse, depende de la forma y las dimensiones de su sección transversal, de su longitud y la forma de fijarla a miembros o apoyos adyacentes. Por lo que a continuación se realiza el cálculo para verificar que la columna no falle a pandeo, para lo cual se utiliza la forma de Euler, el cual es la ecuación 6.21, (García, 1993):

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K * L}{r}\right)^2} \quad \text{Ecuación 6.21}$$

Dónde:

F_{cr} = esfuerzo crítico de pandeo [Pa] ó [N/m²]

E = módulo de elasticidad, del acero es 200000 MPa

K = factor de longitud efectiva, (para este caso es K=1)

L = longitud real de la columna entre los soportes [m]

r = radio de giro [m]

Seguidamente se calcula la carga permisible sobre la columna, con la ecuación 6.22, el cual es la siguiente (García, 1993):

$$P_{cr} = F_{cr} * A \geq P_{diseño} \quad \text{Ecuación 6.22}$$

Dónde:

P_{cr} = carga permisible [N]

F_{cr} = esfuerzo crítico de pandeo [N/m²]

A = área del perfil de la columna

$P_{diseño}$ = carga de diseño

Cabe recalcar que se debe revisar que la carga permisible debe ser mayor que la carga asumida para el diseño, y cuando $P_{cr} = P_{diseño}$, se obtiene la sección más ligera (aunque no necesariamente la más económica) (García, 1993).

A continuación se reemplaza los datos siguientes en las ecuaciones mencionadas anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

$F_{cr} = ?$

$P_{cr} = ?$

$$E = 200\,000\text{ MPa} = 200\,000\,000\,000\text{ N/m}^2$$

$$K = 1$$

$$L = 1900\text{ mm} = 1,9\text{ m}$$

$$r = 1,94\text{ cm} = 0,0194\text{ m (tubo estructural cuadrado de 50x2mm, Anexo 21)}$$

$$A = 3,74\text{ cm}^2 = 0,000374\text{ m}^2$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 * (200\,000\,000\,000\text{ N/m}^2)}{\left(\frac{1*1,9\text{m}}{0,0194\text{m}}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 205\,791\,785,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 205,79\text{ MPa}$$

$$P_{cr} = 205\,791\,785,6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0,000374\text{ m}^2$$

$$P_{cr} = 76\,966,12\text{ N} = 76,96\text{ KN}$$

Para obtener la carga de diseño se debe considera que la fuerza obtenida de $421,75\text{N}$, se debe dividir para 4 columnas que tiene la estructura propuesta por lo que la carga de diseño será $105,43\text{N}$, entonces la relación resulta así:

$$P_{cr} \geq P_{diseño}$$

$$76\,966,12\text{ N} \geq 105,43\text{N} \quad \text{OK}$$

6.7.2 TANQUES O DEPÓSITOS DE LA ESTRUCTURA DE LA CABINA

Los tanques superior e inferior tendrán dimensiones acorde a las dimensiones disponibles del área de sand blast químico explicadas anteriormente. Para lo cual se analiza que dimensiones será la cortina de agua, y si estos tanques pueden abastecer la cantidad de agua que requiere esta cortina de agua.

Cortina de agua

Las dimensiones de la cortina de agua son de acuerdo a las dimensiones de la estructura, dichas dimensiones de la estructura son:

- Largo: 5,7 metros
- Alto: 1,9 metros
- Ancho o profundidad: 0,5 metros

La dimensión de los 5,7 metros es la longitud total de los 3 módulos de la estructura. Si se requiere que la cortina de agua sea de un espesor aproximado de 4mm de agua, entonces sus dimensiones serán las siguientes:

- Largo: 5,7 metros
- Alto: 1,9 metros
- Espesor: Aproximadamente 0,004 metros

Por lo que el volumen de agua (v) requerido, para la cortina será la siguiente:

$$v = 5,7m * 1,9m * 0,004m$$

$$v = 0,04332 m^3 \left| \frac{1000 \text{ litros}}{1m^3} \right|$$

$$v = 43,32 \text{ litros}$$

Este es el volumen de agua mínimo requerido para la cortina, por lo que el volumen de los tanques debe satisfacer esta cantidad de agua.

Para que la cortina de agua tenga una guía se fabricará un panel metálico, cuya forma geométrica será como de la Figura 6.19, el cual es la siguiente:

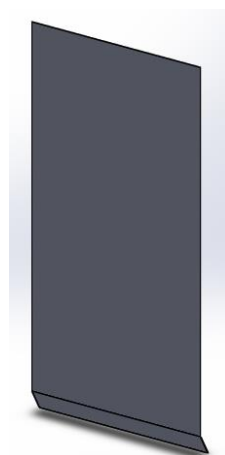


Figura 6.19. Forma geométrica del panel guía de la cortina de la estructura de la cabina

Fuente: (Autor)

Este panel metálico será construido en plancha o tool metálico de acero galvanizada de 1,0 mm de espesor de Norma ASTM A 653 (Norma de recubrimiento).

Tanque Inferior

El tanque inferior de la estructura de la cabina, es el reservorio donde se recibe y almacena el agua para abastecer la cortina de agua, este tanque está conformado por las siguientes dimensiones, tal como se indica en la Figura 6.20. Estas dimensiones se especifican en metros.

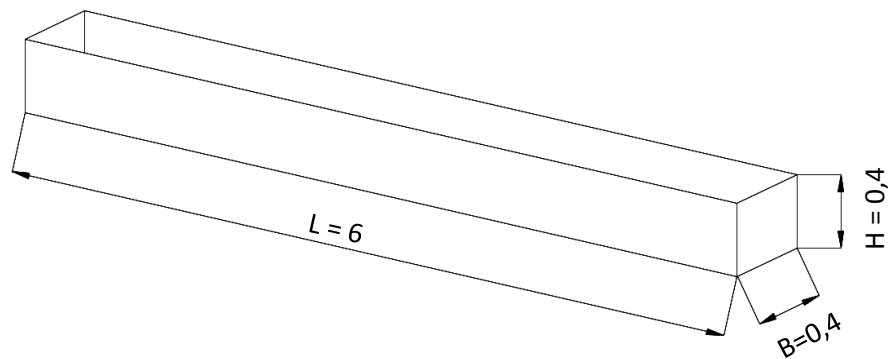


Figura 6.20. Tanque o depósito inferior de la estructura de la cabina
Fuente: (Autor)

Hay que considerar que no va estar lleno en su totalidad el tanque, es decir el nivel del agua debe estar aproximadamente a unos 5cm bajo, de la parte superior del tanque. Por lo que este depósito dispone de la siguiente cantidad de volumen de agua (v):

$$v = 6m * 0,4m * 0,35m$$

$$v = 0,84 m^3 \left| \frac{1000 \text{ litros}}{1m^3} \right|$$

$$v = 840 \text{ litros}$$

El volumen de agua de este depósito en comparación con el volumen de la cortina de agua es superior (840 litros > 43,32 litros), lo que resulta que las dimensiones de este tanque si abastece el volumen de agua requerido, para la circulación de la cortina de agua.

El acero galvanizado es un tipo de acero procesado con un tratamiento, al final del cuál queda recubierto de varias capas de zinc, estas capas de zinc protegen al acero evitando que se oxide, ideal para la construcción de tanques de agua, además por el zinc lo hace en un metal muy duradero y resistente.

Por las ventajas que ofrece el acero galvanizado, este tanque será fabricado en plancha metálica de acero galvanizada de Norma ASTM A653 con recubrimiento tipo G40, el cual su propiedad mecánica como el esfuerzo de fluencia es 275 MPa (ver Anexos 23 y 24). Para seleccionar el espesor requerido, se realiza el siguiente cálculo que se describe a continuación:

- **Cálculo del espesor para tanque rectangular**

Para dimensionar el espesor de la plancha que estará conformado el tanque rectangular inferior de la estructura de la cabina se utiliza la ecuación 6.20.

$$t = 2.45 * L \sqrt{\frac{\alpha * H * 0.036 * G}{S}} \quad \text{Ecuación 6.20}$$

Para lo cual se dispone de los siguientes datos:

$$t = ?,$$

$$L = 6,0\text{m} = 236,22 \text{ pulg.}$$

$$H = 0,4\text{m} = 15,75 \text{ pulg.}$$

$$G = 1 \text{ (agua)}$$

$$S = 275\text{MPa} = 39885 \text{ PSI}$$

Para el valor de α según la relación H/L ($6\text{m}/0,4\text{m} = 0,067$), se obtiene de la Figura 6.21, el cual es lo siguiente:

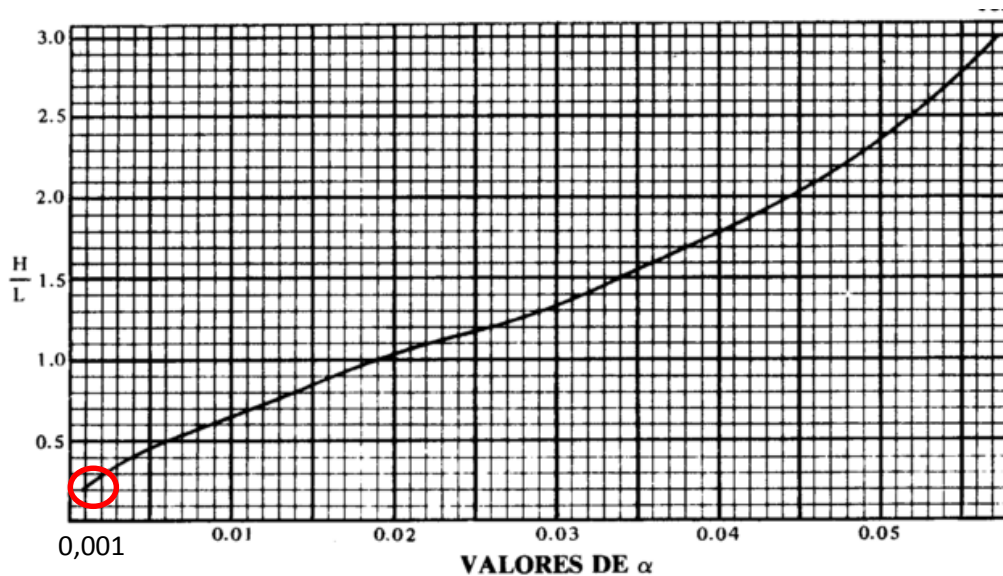


Figura 6.21. Valores de α obtenido según la relación H/L
Fuente: (Megyesy, 1992)

Como se puede observar de la Figura 6.21, el valor que se obtiene de α es 0,001, por lo que $\alpha = 0,001$, entonces reemplazando los datos en la ecuación 6.20, se obtiene lo siguiente:

$$t = 2.45 * 236,22 \text{ pulg} \sqrt{\frac{0,001 * 15,75 \text{ pulg} * 0.036 * 1 \text{ lb/pulg}^3}{39885 \text{ lb/pulg}^2}}$$

$$t = 0,069 \text{ pulg} \left| \frac{25,4\text{mm}}{1 \text{ pulg}} \right| = 1,75\text{mm} \approx 2\text{mm}$$

Entonces el espesor de la plancha o tool será de **2mm** en acero galvanizado de Norma ASTM A653 – G40.

Tanque superior

Como ya se mencionó anteriormente las dimensiones del tanque superior, son:

- Largo: 1,795 metros
- Alto: 0,12 metros
- Ancho o profundidad: 0,20 metros

Y la capacidad de volumen de agua de este tanque es 43,0 litros, pero como son 3 módulos iguales de la estructura donde está apoyado este tanque, entonces la capacidad total del volumen de agua de estos depósitos es 129,0 litros, lo que significa que también satisface al volumen requerido para la cortina de agua, ya que la capacidad de volumen de los tanques superior es mayor al requerido por la cortina (129,0 litros > 43,32 litros).

En este tipo de diseño se debe tomar en cuenta la sujeción del tanque a la estructura, así como también la salida del agua hacia la cortina, por lo que la forma geométrica será de acuerdo a la siguiente Figura 6.22

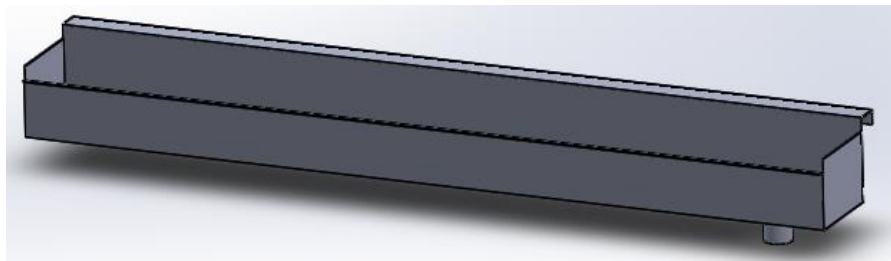


Figura 6.22. Forma geométrica del tanque superior
Fuente: (Autor)

Este tanque también será fabricado en tool de 2mm de espesor en acero galvanizado de Norma ASTM A653 – G40, para optimizar el material sobrante del tanque inferior y para facilidad de construcción del mismo.

6.7.3 SISTEMA DE TUBERÍA Y LA BOMBA CENTRÍFUGA DE LA CABINA

Para que la cortina de agua realice su función, se requiere un sistema de tubería para conducir el flujo volumétrico o caudal y este a su vez una bomba hidráulica en este caso una bomba centrífuga, para la impulsión del fluido en el sistema de tubería. Por lo que se requiere dimensionar estos parámetros para que el sistema funcione eficazmente.

A continuación en la Figura 6.23, se indica el sistema de tubería en serie propuesto para la cabina con cortina de agua, el cual es el siguiente:

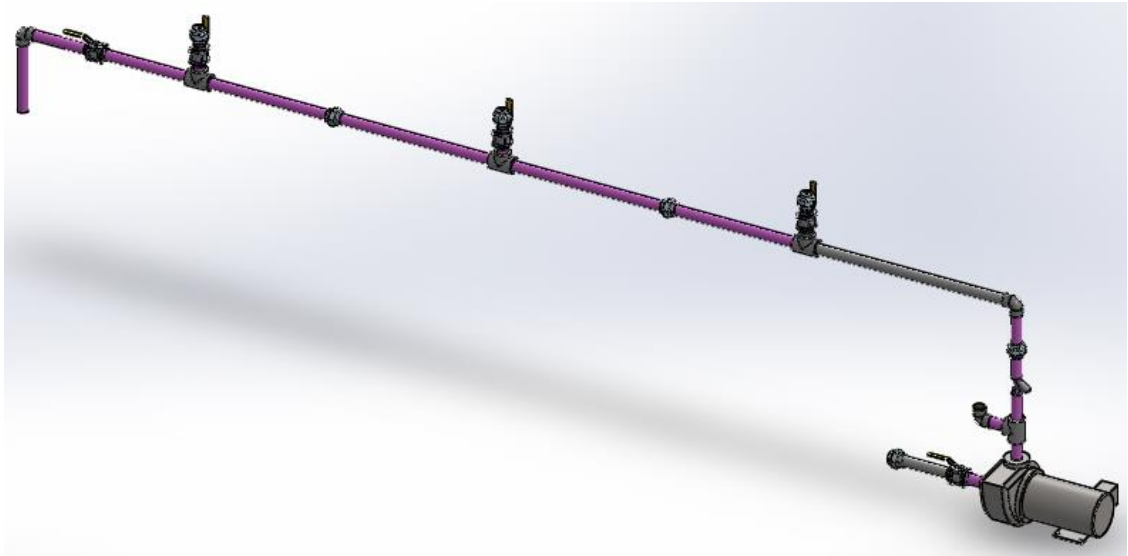


Figura 6.23. Esquema del sistema de tubería en serie propuesto para la cabina con cortina de agua
Fuente: (Autor)

Este sistema de tubería es en serie ya que está formado por un conjunto de tuberías conectadas una a continuación de la otra y que comparten el mismo caudal; es decir, el caudal es el mismo en todos los tramos de las tuberías y el fluido fluye a través de una línea continua.

Para este caso el caudal requerido para la cortina de agua es de $25\text{m}^3/\text{h}$, este caudal es tomado como referencia de las características técnicas de las cabinas con cortina de agua, las cuales son ofertadas por empresa internacionales que se dedican a la construcción y venta de estas cabinas.

Como se puede observar en la Figura 6.23, se requiere seleccionar el diámetro de la tubería y la bomba adecuada para este sistema de tubería, por lo que a continuación se desarrolla los cálculos para su selección, dichos cálculos son con criterios explicados anteriormente en la teoría.

Selección de la tubería

Para la selección de la tubería se requiere del Anexo 26, el cual es una figura que proporciona una guía muy general para especificar el tamaño de las tuberías, como función del flujo volumétrico o caudal, para sistemas comunes de distribución de fluidos por medio de Bombas. Cabe especificar si se selecciona un tamaño mayor

o menor del que indica las rectas de la figura, no se afectará demasiado el rendimiento del sistema (Mott, 2006).

Para este caso con el caudal o flujo volumétrico de 25 m³/h, y según la figura del Anexo26, se obtiene los siguientes diámetros de tubería:

Línea de succión: Ø = 2 pulgadas

Línea de descarga: Ø = 2 pulgadas

El tipo de tubería que se utilizará para este sistema de bombeo propuesto, es tubería de PVC (Policloruro de vinilo) Cédula 80, debido a que este tipo de tubería se puede roscarlo con facilidad en caso de ser necesario, ya que el sistema dispone de varios accesorios y válvulas de conexión roscable.

Según el Anexo 27, la tubería de PVC Cédula 80, tiene las siguientes características técnicas que se indica en la Tabla 6.1, las cuales son:

Tabla 6.1. Características técnicas tubería de PVC Cédula 80 de 2”

TUBERÍA DE PVC CÉDULA 80, Ø=2”	
Diámetro nominal	2”
Diámetro exterior promedio	60,3mm
Diámetro interior promedio	48,6mm
Espesor mínimo de pared	5,5mm
Presión de trabajo a 23°C	28,1 kg/cm ²

Fuente: (Autor)

Estos datos son muy indispensables sobre todo el diámetro interior, ya que por este diámetro se conduce el fluido, para lo cual es necesario conocer el área que dispone este diámetro. Por lo que para el cálculo del área se utilizará la ecuación 6.23, el cual es:

$$A = \pi * \frac{D^2}{4} \qquad \text{Ecuación 6.23}$$

Dónde:

A = área de la sección del diámetro interno [m²]

D = diámetro interno de la tubería [m]

Entonces el área de la tubería de PVC Cédula 80 de diámetro nominal de 2" (diámetro interno = 48,6mm) es:

$$A = \pi * \frac{(0,0486m)^2}{4}$$

$$A = 0,00186 m^2$$

Una vez seleccionado el diámetro de tubería a utilizar, se analiza el flujo del fluido (agua) que circula por el conducto, por lo que se calcula en el sistema propuesto las pérdidas de energía por la fricción en las tuberías, o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios, designado como h_L , el cual es un parámetro requerido previo a la selección de la bomba.

Cálculo de las pérdidas de energía

El fluido que va a circular por la tubería es agua, por lo que a continuación en la Tabla 6.2, se describe las propiedades del agua a una temperatura de 20°C, que es la temperatura promedio de este fluido en la ciudad de Ambato, estas propiedades son tomados del Anexo 25 y la Figura 6.11, las cuales son:

Tabla 6.2. Propiedades del agua a 20°C

PROPIEDADES DEL AGUA A 20°C	
Peso Específico (γ)	9,79 kN/m ³
Densidad (ρ)	998 kg/m ³
Viscosidad dinámica (η)	1,02x10 ⁻³ Pa.s (kg/m.s)
Carga de presión de vapor (h _v)	0,2388 m

Fuente: (Autor)

Como ya se conoce el caudal o flujo volumétrico que necesita la cortina de agua, se requiere saber cuál será la velocidad del flujo en el sistema de tubería propuesto, para lo cual se calcula mediante la ecuación 6.3.

$$Q = A * V \quad \text{Ecuación 6.3}$$

Despejando la velocidad resulta así:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Para lo cual se dispone de los siguientes datos:

$$V = ? \text{ [m/s]}$$

$$Q = 25 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0069 \text{ m}^3/\text{s} = 416,67 \text{ l/min}$$

$$A = 0,00186 \text{ m}^2$$

Reemplazando los datos, se obtiene lo siguiente:

$$V = \frac{0,0069 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00186 \text{ m}^2}$$

$$V = 3,71 \text{ m/s}$$

En este caso la velocidad del flujo será igual para la línea de succión y para la línea de descarga, ya que tiene el mismo diámetro tanto para la succión como para la descarga.

Anteriormente se mencionó que las pérdidas de energía también dependen del comportamiento del fluido en la tubería, por lo que puede ser laminar o turbulento, para lo cual se realiza el cálculo del número de Reynolds mediante la ecuación 6.9.

$$N_R = \frac{V * D_i * \rho}{\eta} \quad \text{Ecuación 6.9}$$

Se tiene los siguientes datos:

$$N_R = ?$$

$$V = 3,71 \text{ m/s}$$

$$D_i = 0,0486 \text{ m}$$

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 1,02 \times 10^{-3} \text{ Pa.s} = 1,02 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s} = 0,00102 \text{ kg/m.s}$$

Reemplazado los datos se obtiene:

$$N_R = \frac{3,71 \text{ m/s} * 0,0486\text{m} * 998 \text{ kg/m}^3}{0,00102 \text{ kg/m.s}}$$

$$N_R = 176417,05$$

Por lo que el número de Reynolds resulta así:

$$176\ 417,05 > 4000$$

Si $N_R > 4000$, *el flujo es turbulento*

Cabe recalcar que la tubería a utilizar es tubería de PVC Cédula 80, por lo que según la Figura 6.6, la rugosidad relativa del plástico es 3.0×10^{-7} m.

Para el flujo turbulento el cálculo del factor de fricción se lo realiza con la ecuación 6.12, el cual es la siguiente:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(D/\epsilon)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 6.12}$$

Para este cálculo los datos son los siguientes:

$$f = ?,$$

$$D_i = 0,0486 \text{ m},$$

$$\epsilon = 0,0000003 \text{ m},$$

$$N_R = 176\ 417,05$$

Entonces el factor de fricción es el siguiente:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7(0,0486\text{m}/0,0000003\text{m})} + \frac{5.74}{(176417,05)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,016$$

Para calcular las pérdidas de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, para flujo laminar y turbulento se utiliza la ecuación de Darcy, el cual es la ecuación 6.10, indicada a continuación:

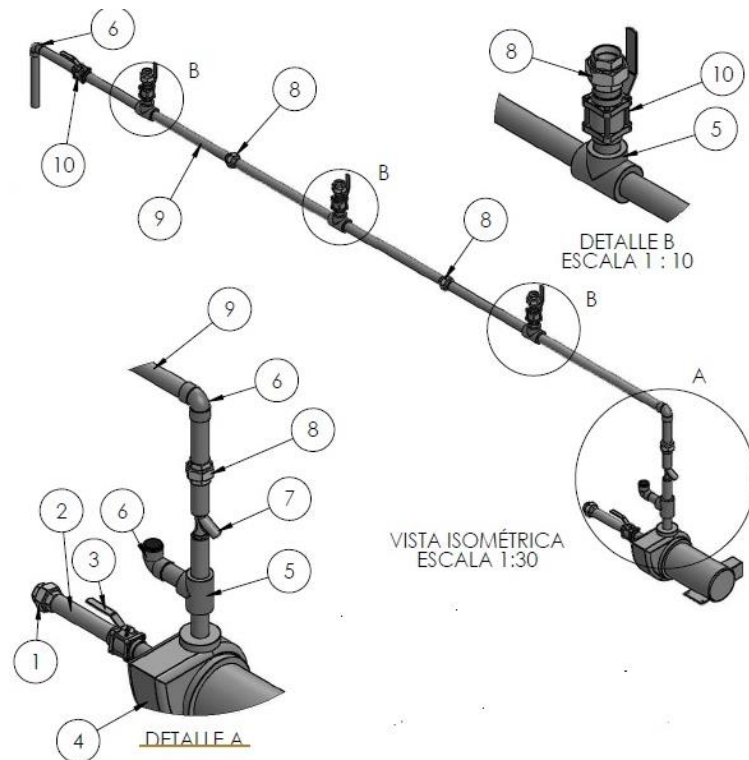
$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 6.10}$$

Así como también para calcular las pérdidas menores que ocurren en codos, válvulas, tees, medidores, y otros elementos de control, se utiliza la ecuación 6.13.

$$h_L = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 6.13}$$

Para realizar estos cálculos de la pérdidas de energía se considera la aceleración de la gravedad (g) igual a 9,81 m/s², y los valores del coeficiente de resistencia (K), igual a los del Anexo 19 y 20.

Como se puede observar en la Figura 6.23, el sistema de tubería propuesto tiene varios accesorios y válvulas por lo que en la Figura 6,24, se indica la numeración de estos accesorios y válvulas, ya con las dimensiones de la tubería seleccionada, requerido para el cálculo de las perdías de energía.



N.º	ELEMENTO	UBICACIÓN	CANT.
1	Unión Universal Roscable $\phi=2''$	Línea de succión	1
2	Tubería de PVC Cedula 80 $\phi=2''$	Línea de succión	1
3	Válvula de Compuerta Roscable $\phi=2''$	Línea de succión	1
4	Bomba Centrifuga Industrial 25m ³ /h	Succión y descarga	1
5	Tee 90° Roscable $\phi=2''$	Línea de descarga	4
6	Codo 90° Roscable $\phi=2''$	Línea de descarga	3
7	Válvula Check (de retención) $\phi=2''$	Línea de descarga	1
8	Unión Universal Roscable $\phi=2''$	Línea de descarga	6
9	Tubería de PVC Cedula 80 $\phi=2''$	Línea de descarga	1
10	Válvula de Compuerta Roscable $\phi=2''$	Línea de descarga	4

Figura 6.24. Accesorios y válvulas requeridas para el sistema de tubería propuesto
Fuente: (Autor)

A continuación en la Tabla 6.3, se indica el resultado obtenido de la sumatoria de las pérdidas de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y de las pérdidas menores debido a los accesorios y válvulas requeridos para el sistema de tubería propuesto, calculados mediante la ecuación 6.10 y 6.13, siendo este resultado el valor de h_L , el cual es lo siguiente:

Tabla 6.3. Resultado de las pérdidas de energía h_L , del sistema de tubería propuesto

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS (h_L)									
N.º	Descripción	Ubicación	Can.	D (m)	L (m)	f	K	V (m/s)	h_L (m)
1	Unión Universal $\phi=2''$	Línea de succión	1	-	-	-	0,08	3,71	0,056
2	Tubería de PVC $\phi=2''$	Línea de succión	1	0,0486	0,285	0,016	-	3,71	0,066
3	Válvula de compuerta $\phi=2''$	Línea de succión	1	-	-	-	0,2	3,71	0,140
4	Tubería de PVC $\phi=2''$	Línea de succión	1	0,0486	0,155	0,016	-	3,71	0,036
5	Tubería de PVC $\phi=2''$	Línea de descarga	1	0,0486	0,110	0,016	-	3,71	0,025

6	Tee 90° Ø=2"	Línea de descarga	4	-	-	-	0,9	3,71	2,526
7	Codo 90° Ø=2"	Línea de descarga	3	-	-	-	0,9	3,71	1,894
8	Válvula Check Ø=2"	Línea de descarga	1	-	-	-	2,0	3,71	1,333
9	Unión Universal Ø=2"	Línea de descarga	6	-	-	-	0,08	3,71	0,337
10	Válvula de compuerta Ø=2"	Línea de descarga	4	-	-	-	0,2	3,71	0,561
11	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,165	0,016	-	3,71	0,038
12	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,130	0,016	-	3,71	0,030
13	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,180	0,016	-	3,71	0,042
14	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	1,170	0,016	-	3,71	0,270
15	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,745	0,016	-	3,71	0,172
16	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,930	0,016	-	3,71	0,215
17	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,930	0,016	-	3,71	0,215
18	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,734	0,016	-	3,71	0,170
19	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,510	0,016	-	3,71	0,118
20	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,325	0,016	-	3,71	0,075
21	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,430	0,016	-	3,71	0,099
22	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,400	0,016	-	3,71	0,092
23	Tubería de PVC Ø=2"	Línea de descarga	1	0,0486	0,550	0,016	-	3,71	0,127
								h_L =	8,637

Fuente: (Autor)

Una vez calculado las pérdidas de energía del sistema h_L , se puede calcular la energía que se agrega al fluido con el dispositivo mecánico como es la bomba centrífuga, designado esta energía agregada como h_A , el cual es indispensable para calcular la potencia que transmite la bomba al fluido P_A , y este a su vez poder calcular la eficiencia mecánica de la bomba e_M , el cual será la eficiencia mecánica

mínima requerido por la bomba, y así poder verificar que este dentro del rango permitido con la eficiencia mecánica real máxima que puede aportar la bomba seleccionada , y poder garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Para lo cual a continuación se describe dichos cálculos, y poder conocer si la bomba seleccionada satisface, este requerimiento de la eficiencia mecánica e_M , para el sistema de tubería propuesto y así poder garantizar su correcto funcionamiento.

Selección de la bomba

Para el caudal requerido para la cortina de agua que es de $25 \text{ m}^3/\text{h}$ que es igual a $416,67 \text{ l/min}$, se selecciona la bomba centrífuga de marca comercial “Pedrollo” modelo “HFm 5AM”, el cual según su ficha técnica para una altura manométrica de $10,0\text{m}$ suministra un caudal de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. El mismo que se pretende verificar si esta bomba es apta para el sistema de tubería propuesto. A continuación en la Tabla 6.4 se describe algunas características técnicas según el catalogo del Anexo 28, los cuales son:

Tabla 6.4. Características técnicas de la bomba centrífuga de marca comercial “Pedrollo”

BOMBA CENTRÍFUGA “PEDROLLO HFm 5AM”	
Modelo	HFm 5AM
Potencia	2 HP ó 1,5 KW
Caudal	$30 \text{ m}^3/\text{h}$ a $10,0\text{m}$
Eficiencia mecánica (η)	70%
NPSHr	$5,5 \text{ m}$ a $30\text{m}^3/\text{h}$ (500 l/min)
Diámetro de succión	2 “
Diámetro de descarga	2 “
Revoluciones por minuto (n)	3450 r.p.m
Frecuencia	60 Hz

Fuente: (Autor)

Como ya se mencionó anteriormente para la verificación de la selección de la bomba se requiere hacer los cálculos de los siguientes parámetros:

Primero se desea calcular la energía que la bomba agrega al sistema h_A , para lo cual se utiliza la ecuación 6.14.

$$h_A = (z_2 - z_1) + h_L \quad \text{Ecuación 6.14}$$

En la Figura 6.25, se visualiza un esquema a modo de ejemplo para indicar los niveles de elevación de los tanques inferior y superior (puntos 1 y 2) para el sistema de tubería propuesto, el cual es el siguiente:

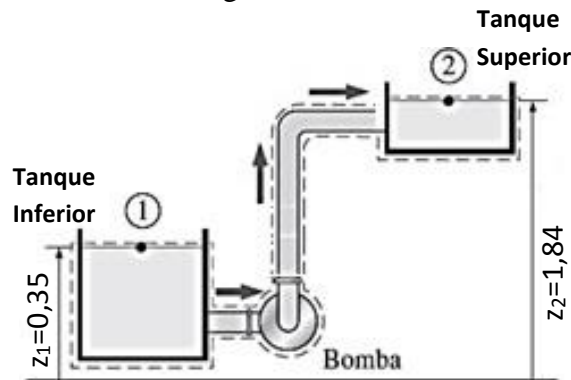


Figura 6.25. Esquema representativo de los niveles de los tanques inferior y superior para el sistema de tubería propuesto

Fuente: (Autor)

Para el cálculo se dispone de los siguientes datos:

$$h_A = ? \text{ [m]}$$

$$z_1 = 0,35\text{m}$$

$$z_2 = 1,84\text{m}$$

$$h_L = 8,637\text{m}$$

Entonces la energía agregada al fluido h_A , es el siguiente:

$$h_A = (1,84\text{m} - 0,35\text{m}) + 8,637\text{m}$$

$$h_A = 10,13\text{m}$$

Cabe recalcar que la *altura manométrica* es la energía específica ganada por el fluido a su paso por una bomba, resultado de reducir la altura efectiva deduciendo

las pérdidas de energía durante el tránsito del fluido a través de la bomba, por lo que h_A , sería la *altura manométrica* del sistema de tubería propuesto.

Según la gráfica “Caudal Vs Altura manométrica” del Anexo 28, con el caudal de $25\text{m}^3/\text{h}$ y la altura manométrica de $10,13\text{m}$, requeridos para el sistema de tubería propuesta, el modelo de bomba centrífuga HFm 5AM, está dentro del rango para suministrar el caudal requerido. Por lo que en este parámetro *cumple* el modelo de bomba seleccionado.

Para el cálculo de la potencia que transmite la bomba al fluido se realiza mediante la ecuación 6.15, el cual es:

$$P_A = h_A * \gamma * Q \quad \text{Ecuación 6.15}$$

Se dispone de los siguientes datos:

$$P_A = ? \text{ [W]}$$

$$h_A = 10,13 \text{ m}$$

$$\gamma = 9,79 \text{ kN/m}^3 = 9790 \text{ N/m}^3$$

$$Q = 25 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Entonces la potencia que transmite la bomba al fluido P_A , es la siguiente:

$$P_A = 10,13\text{m} * 9790 \text{ N/m}^3 * 0,0069\text{m}^3/\text{s}$$

$$P_A = 684,29 \text{ W} \left| \frac{1\text{HP}}{745,7 \text{ W}} \right| = 0,92 \text{ HP}$$

Para el cálculo de la eficiencia mecánica e_M , se realiza con la ecuación 6.16, el cual es la siguiente:

$$e_M = \frac{P_A}{P_I} \quad \text{Ecuación 6.16}$$

Se tiene los siguientes datos:

$$e_M = ?$$

$$P_A = 684,29 \text{ W} = 0,92 \text{ HP}$$

$$P_I = 1500 \text{ W} = 2 \text{ HP}$$

Entonces la eficiencia mecánica e_M , es la siguiente:

$$e_M = \frac{0,92 \text{ HP}}{2 \text{ HP}}$$

$$e_M = 0,46 = 46\%$$

La eficiencia mecánica e_M , que requiere la bomba para el sistema de tubería propuesto es 46%, y la bomba seleccionada tiene una capacidad máxima de la eficiencia mecánica del 70%, por lo que la eficiencia mecánica requerida no sobrepasa la capacidad máxima que puede entregar la bomba seleccionada, es decir $46\% < 70\%$, lo que significa que la bomba seleccionada también *cumple* con este requisito, para el rendimiento óptimo del sistema.

Cálculo de la Carga de succión neta positiva (NPSH – Net Positive Suction Head)

Como último paso y el más importante del proceso de selección de bombas es el cálculo de la carga de succión neta positiva disponible designado como $NPSH_A$, para garantizar que el $NPSH_A$, este muy arriba de la $NPSH_R$, para evitar la cavitación en la entrada de la bomba, lo que resulta la condición siguiente así:

$$NPSH_A > NPSH_R$$

El $NPSH_R$, es entregado por el fabricante de la bomba, por lo que según el catálogo técnico de las bombas Pedrollo, Anexo 28, la gráfica “Caudal Vs $NPSH_r$ ”, resulta para un caudal de 417 l/min (25 m³/h), el valor del $NPSH_r$ igual a 3,6 m.

Para el cálculo del $NPSH_A$, se debe considerar los siguientes aspectos los cuales se describe a continuación.

Como la ubicación de la empresa donde se instalará la cabina con cortina de agua es en el “Parque Industrial” de la ciudad de Ambato, el cual esta aproximado a

2500m sobre el nivel del mar, entonces la presión atmosférica en la ciudad de Ambato es aproximadamente a 0,737 atm. (74 676,53 N/m²).

Para el cálculo de la presión estática (absoluta) sobre el fluido en el depósito P_{sp} , se realiza mediante la ecuación 6.19, el cual es el siguiente:

$$P_{sp} = P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \quad \text{Ecuación 6.19}$$

Pero cabe recalcar que si la superficie del agua (tanque o reservorio abiertos) se encuentra abierta a la atmósfera, la presión manométrica P_{man} es igual a 0, por lo que la ecuación se reduce a lo siguiente:

$$P_{sp} = P_{atm}$$

Para este cálculo se dispone de los siguientes datos:

$$P_{sp} = ? \text{ [KN/m}^2\text{]}$$

$$P_{atm} = 74\,676,53 \text{ N/m}^2$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior resulta la presión estática P_{sp} , así:

$$P_{sp} = 74\,676,53 \text{ N/m}^2$$

Para el cálculo de la carga de presión estática (absoluta) h_{sp} , se realiza con la siguiente ecuación 6.18.

$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma} \quad \text{Ecuación 6.18}$$

Se tiene los siguientes datos:

$$h_{sp} = ? \text{ [m]}, \quad P_{sp} = 74\,676,53 \text{ N/m}^2, \quad \gamma = 9,79 \text{ kN/m}^3 = 9790 \text{ N/m}^3$$

Reemplazando los datos la carga de presión estática (absoluta) h_{sp} , resulta así:

$$h_{sp} = \frac{74\,676,53 \text{ N/m}^2}{9790 \text{ N/m}^3}$$

$$h_{sp} = 7,63 \text{ m}$$

En la Figura 6.26 se representa un esquema a modo de ejemplo para indicar la diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el depósito a la línea central de la entrada de succión de la bomba, el cual es el siguiente:

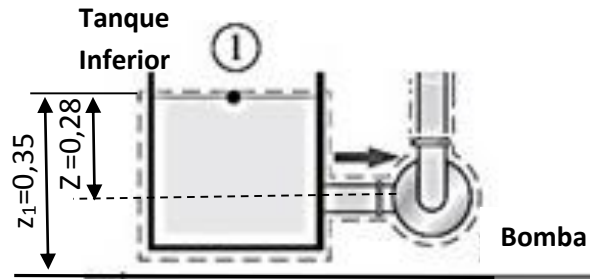


Figura 6.26. Esquema representativo del nivel del fluido al eje de la bomba para el sistema de tubería propuesto

Fuente: (Autor)

Según la Figura 6.26 la diferencia de elevación desde el nivel del fluido en el tanque inferior a la línea central de la entrada de succión de la bomba h_s , es igual a $0,28m$.

Para el cálculo de las pérdidas de carga en la tubería de succión, debido a la fricción y pérdidas menores h_f , se toma los valores calculados en la Tabla 6.3, pero sólo para la línea de succión, dichos valores obtenidos para pérdidas de energía en la línea de succión se indica en la Tabla 6.5, los cuales son:

Tabla 6.5. Resultado de las pérdidas de energía h_f , del sistema de tubería de succión propuesto

CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE TUBERÍAS (h_L)									
N.º	Descripción	Ubicación	Can.	D (m)	L (m)	f	K	V (m/s)	h_L (m)
1	Unión Universal $\varnothing=2"$	Línea de succión	1	-	-	-	0,08	3,71	0,056
2	Tubería de PVC $\varnothing=2"$	Línea de succión	1	0,0486	0,285	0,016	-	3,71	0,066
3	Válvula de compuerta $\varnothing=2"$	Línea de succión	1	-	-	-	0,2	3,71	0,140
4	Tubería de PVC $\varnothing=2"$	Línea de succión	1	0,0486	0,155	0,016	-	3,71	0,036
$h_f =$									0,298

Fuente: (Autor)

El valor de la carga de presión de vapor de líquido a la temperatura de bombeo h_{vp} , como se mencionó anteriormente en la Tabla 6.2, es igual a $0,2388\text{ m}$ (Agua a 20°C).

Para el cálculo de la carga de succión neta positiva disponible $NPSH_A$, se utiliza la ecuación 6.17, el cual es:

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad \text{Ecuación 6.17}$$

Para este cálculo se dispone de los siguientes datos:

$$NPSH_A = ? \text{ [m]}$$

$$h_{sp} = 7,63 \text{ m}$$

$$h_s = 0,28 \text{ m}$$

$$h_f = 0,298 \text{ m}$$

$$h_{vp} = 0,2388 \text{ m}$$

Entonces la carga de succión neta positiva disponible $NPSH_A$, resulta así:

$$NPSH_A = 7,63\text{m} + 0,28\text{m} - 0,298\text{m} - 0,2388$$

$$NPSH_A = 7,37\text{m}$$

Para lo cual se debe verificar la siguiente condición:

$$NPSH_A > NPSH_R$$

$$7,37 \text{ m} > 3,6\text{m} \text{ (Satisfactorio)}$$

Según los cálculos obtenidos la carga de succión neta positiva disponible es mayor que la carga de succión neta positiva requerida, lo que garantiza que no habrá cavitación en la línea de succión de ingreso a la bomba. Una vez más la bomba seleccionada *cumple* con este parámetro importante, en el proceso de selección de bombas.

6.7.4 MANUAL DE USO DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

Para un correcto funcionamiento de la cabina con cortina de agua se debe considerar los siguientes parámetros descritos a continuación, ya que si no se toma en cuenta estos parámetros puede ocasionar daños severos a la cabina. Por lo que se sugiere socializar este manual al personal encargado de la cabina para que tomen conciencia en el momento de manipular la cabina con cortina de agua.

Como se puede apreciar en la cabina con cortina de agua, el elemento más crítico en este caso sería la bomba centrífuga, por lo que a continuación se describe algunas sugerencias que pueden ayudar a prevenir el daño de la misma.

Bombas centrífugas

Primeramente se debe saber que la bomba centrífuga son bombas hidráulicas de un sólo impulsor rotatorio (rodete), que transforma la energía mecánica en energía cinética y potencial requerida. El fluido entra por el centro del impulsor (succión), que tiene varios alabes para conducir el fluido (rodete), y por fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba (descarga), vienen acopladas a un motor eléctrico, el cual proporciona la energía mecánica necesaria.

En la Figura 6.27, muestra una bomba centrífuga y sus partes, básicamente se sirve de la fuerza centrífuga para impulsar el líquido a una velocidad dada lo que permite circular por las tuberías a los sitios de consumo. Sus partes son el rodete (impeller) y la carcasa (voluta). La voluta es un volumen parecido a un caracol cuya sección se expande gradualmente a lo largo de la circunferencia.

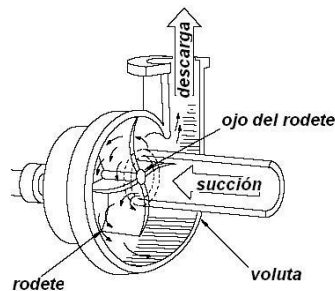


Figura 6.27. Esquema de la bomba centrífuga y sus partes básicas

Fuente: www.fullmecnica.com

En la Figura 6.28 se indica una bomba centrífuga de la marca comercial Pedrollo el cual es muy utilizado en instalaciones domésticas, agrícolas e industriales.



Figura 6.28. Electrobomba centrífuga Pedrollo para medios caudales
Fuente: www.pedrollo.com

Cavitación

Si la bomba trabaja con temperaturas muy altas, puede formarse burbujas de vapor en regiones donde eventualmente se produzca una baja de presión. Cuando estas burbujas estallan se produce el efecto llamado *cavitación*.

La cavitación disminuye el rendimiento y puede tener un efecto destructivo en los componentes internos de la bomba especialmente en el rodete. La cavitación causa también una excesiva vibración de la bomba, lo que causa el daño prematuro de los rodamientos y los sellos.

Un ruido como de un envase que contiene canicas y es sacudido, es indicación de que la bomba tiene problemas de cavitación.

Golpe de ariete

Este fenómeno se produce al cerrar o abrir una válvula y al poner en marcha o parar una máquina hidráulica, o también al disminuir bruscamente el caudal. Al cerrarse por completo una válvula se origina una onda de presión que se propaga con una cierta velocidad. Esta onda origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería causando daños a la tubería.

El golpe de ariete puede producirse:

- Si se para el motor de la bomba sin cerrar previamente la válvula de descarga.
- Si hay un corte imprevisto de la corriente, en el funcionamiento de la bomba.

Cebado

Es muy importante el cebado de la bomba que debe hacerse antes de que esta sea prendida. El **cebado** consiste en llenar de agua la tubería de succión y la carcasa de la bomba, para facilitar la succión del fluido, evitando que queden bolsas de aire en el interior. Para esto se puede hacer a través de una conexión extra como de la Figura 6.29, o por la entrada que dispone la bomba como en la Figura 6.30.

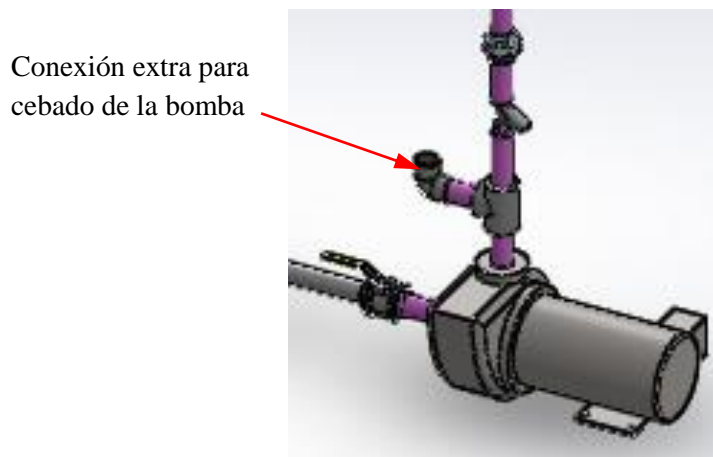


Figura 6.29. Codo por donde se puede hacer el cebado de la bomba
Fuente: (Autor)

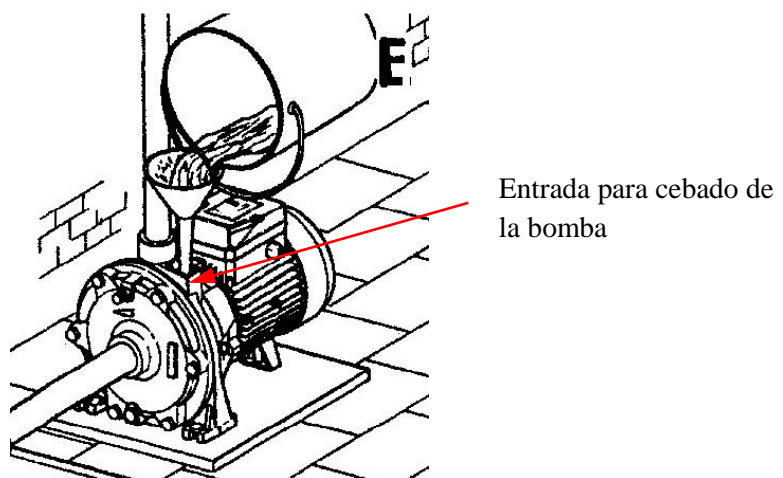


Figura 6.30. Conexión propia de la bomba para ingreso del agua para el cebado
Fuente: www.lawn-garden.com.mx

Cómo arrancar la bomba

Como la bomba no está cebada, al momento de utilizar por primera vez es necesario:

- Remover el tapón para este efecto y llenar de agua hasta cubrir el impulsor. Esto sacara el aire existente en la tubería de succión. Vuelva a poner el tapón (para cualquiera que sea el caso que disponga el sistema de tubería. Ver Figura 6.29 y Figura 6.30).
- Una vez cebada la bomba, revise que la válvula de paso en la línea de succión y descarga este abierta completamente.
- Al encender la bomba, el flujo de agua por la línea de descarga debe ser constante.
- Si la bomba no descarga agua todavía, puede ser que el cebado no se haya realizado bien y exista aire en el sistema. En ese caso, repita el proceso.
- Si la válvula de descarga está cerrada, ábrala lentamente en los diez segundos posteriores al arranque de la bomba.

Condiciones de operación

- Abastecer de agua al tanque inferior de reserva hasta unos 5cm por debajo del nivel de llenado máximo del tanque.
- Antes de encender la bomba el tanque inferior debe estar completamente lleno de agua hasta el nivel indicado anteriormente.
- Es importante mantener constante el nivel del agua del tanque inferior, para evitar que se corte la cortina de agua, así como también para evitar que la bomba succione aire.
- Revisar que en el tanque inferior no exista elementos extraños y pueda ingresar a la tubería de succión y por ende dañar la bomba.

Como apagar la bomba

El detener una bomba implica mucho más que desconectarla. Al igual que en el arranque, el paro de una bomba requiere de una rutina:

- Cierre la válvula de descarga lentamente para proteger la bomba del flujo en reversa y de la contra presión excesiva. No debe permitirse que la bomba opere con la válvula de descarga cerrada durante más de un tiempo mínimo. La bomba debe detenerse tan pronto como se cierre la válvula de descarga.
- Apague el suministro eléctrico de la bomba.
- Cierre la válvula de succión cuando la bomba vaya a permanecer apagada durante cierto tiempo.

A continuación en la Figura 6.31, se indica el flujograma de funcionamiento de la cabina con cortina de agua, con las consideraciones mencionadas anteriormente.

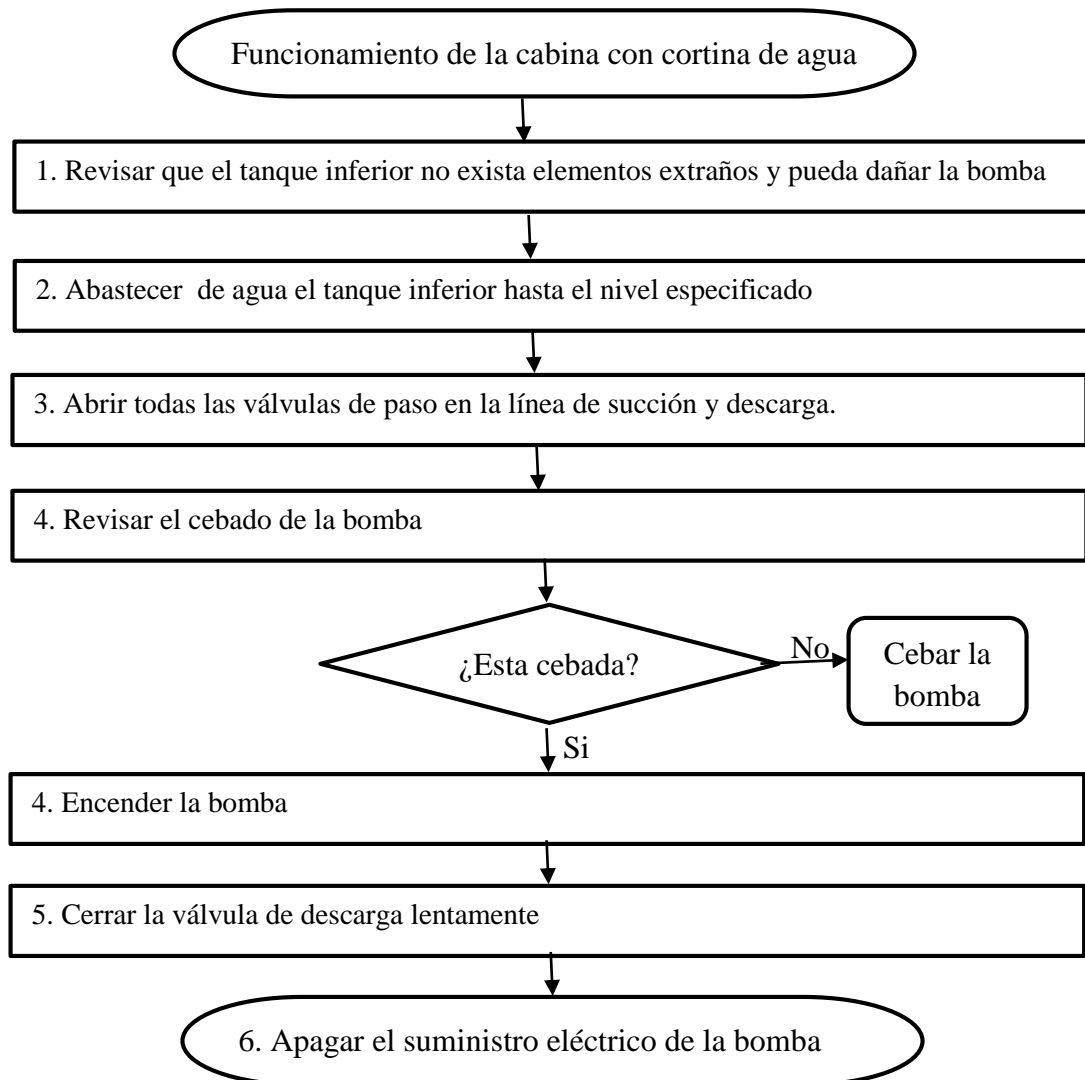


Figura 6.31. Flujograma del funcionamiento de la cabina con cortina de agua
Fuente: (Autor)

Notas importantes



- Una bomba centrífuga no puede ser operada en vacío sin agua. Debe evitarse que la bomba trabaje sin agua, ya que la bomba no “bombee”. Si el funcionamiento de la bomba es en vacío puede estropear el sellado de la bomba debido a una deficiente refrigeración, dado que no circula fluido por su interior que ayude a mejorar la disipación del calor producido por la bomba.
- La bomba no debe operar con la descarga cerrada, ya que si la válvula de descarga permanece cerrada por un tiempo lo suficientemente largo, causaría un daño severo a la bomba. Esto se produce porque el rodete recicla el mismo volumen de agua mientras rota, esto causa un incremento en la temperatura del líquido al punto que puede producirse vapor de agua, esto llevaría a la cavitación.
- Cuando no se cebó apropiadamente la bomba, tampoco habrá bombeo del agua, será imposible que la bomba succione el agua por si sola y entrará en una forma de operación en vacío, lo que puede causarle serios daño.
- En la parada de una bomba se ha de tener precaución de cerrar antes la válvula de descarga. Si esto se hace a mano, el cierre es lento, la columna de líquido que llena la tubería se decelera gradualmente, y el golpe de ariete no se produce.
- El nivel de agua en el tanque no debe ser menor que el nivel requerido para la línea de succión de la bomba. Es decir el nivel del agua no debe estar por debajo del ingreso a la tubería de succión, este nivel debe estar como mínimo a unos 5cm sobre el ingreso a la tubería de succión.

Mantenimiento de la bomba centrífuga

La frecuencia de mantenimiento no es la misma para todas las bombas, sino que varía con las condiciones del servicio. Una bomba que maneje líquidos limpios, no corrosivos, requiere mucho menos mantenimiento que una bomba del mismo tamaño y tipo, que sea usada para líquidos corrosivos.

Una inspección periódica resulta económica en comparación con los apagados forzosos debido a daños o fallos de las diferentes partes de la bomba. Las inspecciones de la bomba deben hacerse trimestral o semestral, según la clase de servicio, en este caso las inspecciones serán trimestral. La inspección será completa y debe incluir un chequeo cuidadoso de la bomba en operaciones normales, y se debe verificar sobre todo que no existan fugas de agua.

En un mantenimiento predictivo se elabora una orden de trabajo, para que la bomba hidráulica se saque de servicio, se desacople, se desarme, se examine rodamientos, el eje, el impulsor, los anillos de desgaste, la carcasa, el acople, etc., esto es recomendado generalmente hacer anualmente.

Del análisis de revisiones efectuadas se toma la decisión, si es el caso, de programar una reparación del equipo, la cual incluirá el posible cambio de las partes que el análisis haya mostrado como defectuosas, o sustituir el equipo por otro nuevo.

Debido a que la bomba representa la parte vital de la cabina con cortina de agua, hay que dedicar atención especial a la operación y al cuidado de la bomba. El objetivo principal es tratar de obtener el máximo de eficiencia y el mínimo de reparaciones. Recuerde siempre realizar el mantenimiento con personal calificado.

Consideraciones generales

Como se dijo anteriormente la bomba centrífuga es el elemento más crítico a sufrir daños, pero no está por demás siempre revisar la estructura de la cabina, así como también las tuberías con sus accesorios, especialmente las válvulas que son más propensos a dañarse con mayor facilidad.

Y como sugerencia final, limpiar la cabina luego de cada final de tarea para que los residuos de agua no causen la oxidación de la estructura y pueda generar el deterioro de la cabina. Así como también revisar constantemente si existen fugas en el sistema de tubería, en caso de existir debe arreglárselo inmediatamente.

Equipos de Protección Personal

Los equipos de protección personal (EPP), son elementos de protección individual del trabajador, para que lo proteja de uno o más riesgos que puedan amenazar su seguridad y/o salud; son muy extendidos y utilizados en cualquier tipo de trabajo y cuya eficacia depende, en gran parte, de su correcta selección y de un mantenimiento adecuado del mismo.

En la Figura 6.32 se indican los equipos de protección que debe utilizar los trabajadores del área de San Blast químico según el “Diagnóstico Inicial de Riesgos”, (Anexo 4).

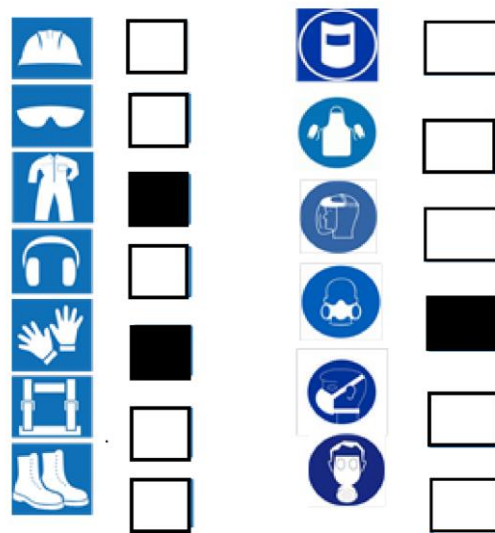


Figura 6.32. Equipo de protección personal a utilizar por los trabajadores del área de san blast químico (overol, guantes, respirador con filtro)

Fuente: (Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda)

Según la Figura 6.32, obtenida del “Diagnóstico Inicial de Riesgos”, realizado por el “Técnico de Seguridad y Salud Ocupacional”, de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda, el equipo de protección personal requerido por los trabajadores del área de sand blast químico son los siguientes:

- Overol tipo Tyvek desechable
- Guantes resistentes a productos químicos
- Respirador con filtro para partículas

- Además protector auditivo tipo tapón
- Así como también calzado industrial, botín (Norma ASTM F2413-11)

A continuación, se describe brevemente el equipo de protección personal, mencionado anteriormente, los cuales son:

Overol tipo Tyvek desechable

Overol fabricado en tela microporosa de polietileno de alta densidad color blanco. Por los materiales del que está hecho, permite que sea un overol cómodo y permeable, además de proteger contra grasas, polvos, aerosoles, asbestos, resistencia a muchas partículas químicas, líquidos, permite el paso de aire y del vapor.

Guantes resistentes a productos químicos

Protegen las manos contra corrosivos, ácidos, aceites y solventes. Existen de diferentes materiales: PVC, Neopreno, Nitrilo, Butyl, Polivinil.

Respirador con filtro para partículas

Protegen contra cualquier tipo de material Particulado (polvos, neblinas, humos metálicos, etc.). Consiste en una rejilla de fibras finas en la cual se quedan depositadas las partículas por simple intercepción. Además estos deben ser respiradores de pieza facial de cara completa (mascara completa.)

Protector auditivo tipo tapón

Para conseguir reducir o eliminar el ruido y minimizar la exposición del trabajador a este riesgo, se debe utilizar los taponos auditivos. Este tipo de protectores, se llevan de forma interna, rellenando el canal auditivo externo. El tamaño que se comercializa esta normalizado y al ser flexible y moldeable, se ajusta a casi todas las personas. Hay taponos auditivos de vinilo, silicona, algodón, cera, etc., y a veces vienen provistos de un cordón interconector. También pueden ser desechables o reutilizables.

Calzado industrial, botín (Norma ASTM F2413-11)

Son botines de seguridad de cuero, con punta de acero y planta de caucho antideslizante y cumple la Norma ASTM F2413-11.

En la Figura 6.33, se indica imágenes representativas del equipo de protección personal a utilizar el personal del área de sand blast químico, descritos anteriormente.



Figura 6.33. Equipo de protección personal: a) overol tipo tyvek desechable, b) guantes resistentes a productos químicos, c) respirador con filtro para partículas, d) tapón auditivo reutilizable e) calzado industrial, botín

Fuente: (Autor)

6.7.5 ANÁLISIS DE COSTOS

En esta sección se analiza los valores económicos invertidos en el desarrollo de la propuesta los cuales son:

6.7.5.1 Costos directos (CD)

Todos aquellos rubros en costo de materiales para su fabricación e instalación, los cuáles se detallan a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 6.6. Costo de materiales para la fabricación (CMF)

N°	Descripción	Cantidad	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
1	Plancha tool galvanizado 1,22x2,44m e=1.00mm	5	30,25	151,25
2	Plancha tool galvanizado 1,22x2,44m e=2.00mm	5	47,85	239,25
3	Tubo estructural galvanizado 50x50x2mm L=6m	9	29,70	267,3
4	Adaptador roscable tanque reserva Ø=2"	5	11,55	57,75
Subtotal				715,55
IVA 12%				85,87
TOTAL				801,42

Fuente: (Autor)

Tabla 6.7. Costo de materiales para la instalación (CMI)

N°	Descripción	Cantidad	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
1	Bomba centrífuga Pedrollo HFm 5AM	1	550,00	550,00
2	Válvula de pie roscable Ø=2"	1	42,02	42,02
3	Neplo PVC 20cm, Ø=2"	6	6,05	36,30
4	Neplo PVC 10cm, Ø=2"	5	3,19	15,95
5	Neplo PVC corrido, Ø=2"	11	1,98	21,78
6	Unión Universal roscable Ø=2"	7	11,22	78,54
7	Válvula de compuerta roscable Ø=2"	5	48,40	242,00
8	Tee 90° roscable Ø=2"	4	4,73	18,92
9	Codo roscable 90° Ø=2"	3	4,46	13,37
10	Válvula Check roscable Ø=2"	1	17,60	17,60
11	Tubo de PVC cédula 80 Ø=2" L=6m	1	28,60	28,60
12	Tapón macho roscable Ø=2"	1	1,32	1,32
13	Tapón hembra roscable Ø=2"	1	1,32	1,32
14	Cinta de teflón industrial	3	2,75	8,25
15	Tablero eléctrico monofásico	1	44,00	44,00
16	Pulsador ON y OFF	1	5,94	5,94
17	Cable flexible # 8 AWG - L=1m	4	4,07	16,28
18	Breaker eléctrico de 20 Amp.	1	6,60	6,60
19	Enchufe de 220V	1	5,50	5,50
Subtotal				1154,29
IVA 12%				138,51
TOTAL				1292,80

Fuente: (Autor)

Para obtener el total de los costos directos (CD) súmanos los totales del costo de materiales para la fabricación (CMF), más el costo de materiales para la instalación (CMI), así como también el costo de la mano de obra directa, el mismo que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6.8. Costos directos (CD)

Descripción	Total (\$)
Costo de materiales para la fabricación	801,42
Costo de materiales para la instalación	1292,80
Costo de la mano de obra directa	800,00
TOTAL	2894,22

Fuente: (Autor)

6.7.5.2 Costos indirectos (CI)

Todos aquellos gastos correspondientes a la mano de obra, entre otros, que no se ven reflejados directamente en la construcción pero que fueron necesarios para la misma, las cuales se indica en la siguiente tabla.

Tabla 6.9. Costos indirectos (CI)

Descripción	Total (\$)
Mano de obra indirecta	400,00
Transporte de la cabina	100,00
Asesoría Técnica	300,00
Imprevistos (5%)	80,00
TOTAL	880,00

Fuente: (Autor)

6.7.5.3 Costo total (CT)

Para el costo total (CT) para la implementación de la cabina con cortina de agua se suma los costos directos (CD) y los costos indirectos (CI), el mismo que a continuación se observa en la tabla siguiente:

Tabla 6.10. Costo Total (CT)

Descripción	Total (\$)
Costos Directos	2894,22
Costos Indirectos	880,00
TOTAL	3774,22

Fuente: (Autor)

6.7.5.4 Financiamiento

Cabe recalcar que para la implementación de la cabina con cortina de agua, el costo total fueron financiados un 50% por parte de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda, y el resto del 50% es aporte del autor de esta investigación.

6.7.6 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

Una vez realizado el diseño de la cabina y posteriormente el financiamiento de la misma, se procedió a la construcción, instalación y las pruebas de funcionamiento de la cabina en el área de sand blast químico, para el proceso de acabado del jean en la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda. Dicho proceso se encuentra ilustrado en el Anexo 33.

6.7.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA PROPUESTA

6.7.7.1 Conclusiones

Luego de haber realizado la propuesta se puede establecer las siguientes conclusiones:

- Se diseñó la estructura de la cabina, resistente y con dimensiones acorde al requerimiento del puesto de trabajo y este a su vez facilita su montaje ya que son tres módulos iguales.
- El diseño del sistema de tubería con sus respectivos accesorios y válvulas y la selección del diámetro de la tubería así, como el tipo de material del

mismo, satisface los requerimientos, para un correcto funcionamiento de la cortina de agua.

- La selección de bomba es correcta para impulsar el fluido de agua en el sistema de tubería propuesta, por lo que garantiza el funcionamiento eficaz de la cortina de agua.
- Una vez construida y realizado las pruebas de funcionamiento, la cabina con cortina de agua, encaja en el área disponible de trabajo, y su capacidad es eficiente de acuerdo a las expectativas del diseño del mismo.
- Las cabinas con cortina de agua, requieren de una bomba que suministre un caudal alto y una baja presión, por lo que se debe seleccionar bombas para medios o altos caudales y bajas presiones.
- Las cabinas con cortina de aguas puede ser una excelente alternativa como medios de extracción localizada, para controlar las exposiciones por agentes químicos, especialmente en métodos de pintura por spray. Dicha cabina con cortina de agua en otros países ya es muy utilizada.

6.7.7.2 Recomendaciones

- Revisar el nivel de agua en el tanque inferior o de reserva, hasta el nivel indicado antes de encender la bomba.
- Tomar en cuenta las notas de arranque y apagado de la bomba, descritas en el manual de uso de la cabina con cortina de agua
- El personal a cargo de la cabina debe estar muy pendiente del cebado de la bomba, ya que de no hacerlo puede afectar severamente a la bomba de la cabina.
- Revisar constantemente si no existe fugas en el sistema de tuberías, especialmente en sus accesorios y válvulas.
- Se recomienda que el manual de uso de la cabina con cortina de agua sea socializado con el personal que va a manipular la cabina, para no tener daños a futuro en la cabina.
- Realizar el mantenimiento de la bomba con personal calificado y a un tiempo acorde, según sea la utilización de la cabina con cortina de agua.

- Se sugiere que la industria del país, invierta en la construcción y comercialización de las cabinas con cortina de agua, para ayudar a controlar la exposición del riesgo, sobre todo por la utilización de pintura en spray.
- Continuar con investigaciones referentes a sistemas de extracción localizada con cortinas de agua, ya que se puede hacer sistemas automáticos acorde al requerimiento de la industria, especialmente de la textil y automotriz.

6.8 ADMINISTRACIÓN

El recurso necesario utilizado en la investigación planteada se presenta en la Tabla 6.11, en donde se desglosan los materiales y recursos utilizados, el cual se financiará con fondos propios del investigador.

Tabla 6.11. Desglose del recurso de la investigación.

Rubros	Costo (\$)
Alquiler de equipos para la medición	1200
Asesoramiento técnico	200
Recolección de datos	190
Material bibliográfico	175
Transcripciones anillados	240
Transporte	140
Subtotal	2.145
Imprevistos 15%	215
TOTAL	2.360

Fuente: (Autor)

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La cabina con cortina de agua, será sociabilidad acerca de su uso, para el correcto funcionamiento de la misma. El cual luego de una coordinación con el Gerente y el Responsable de la Seguridad y Salud Ocupacional, el manual del uso de la cabina, será impartido a todos los trabajadores encargados del proceso del acabado del jeans, del área de sand blast químico.

Cabe recalcar que, si la cabina con cortina de agua tiene un daño o avería y no se encuentra funcionando correctamente, no existiría un control de riesgo, influyendo en la calidad del aire interior, y por ende en el ambiente de trabajo. Por lo que se sugiere tomar muy en cuenta los parámetros del manual de uso de la cabina con cortinas de agua.

Además, se sugiere tomar en cuenta el presente estudio para investigaciones futuras, ya que la cabina con cortina de agua sería el primer elemento desarrollado, en caso de analizar y/o acondicionar mecanismos para la automatización del proceso que conlleva el san blast químico, el mismo que ofrecería varias ventajas tanto para la empresa como para el trabajador.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2008). Norma UNE 171330-1: Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR. (2014). Norma UNE 171330-2: Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR. (2010). Norma UNE 171330-3: Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistema de gestión de los ambientes interiores. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- AENOR. (2009). Norma UNE-EN 689:1996 Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límites y estrategia de la medición. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- ASIQUIM. (2007). Asociación Gremial de Industriales Químicos de Chile. Hoja datos de seguridad del Permanganato de potasio. Recuperado el 2016, de http://www.asiquim.com/nwebq/download/HDS/Permanganato_de_Potasio.PDF.
- Bartual, J. y Guardino, X. (1989). NTP 244: Criterios de valoración en Higiene Industrial. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Berenguer, J. y Martí, C. (1989). NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Cabrera, M. y Cando, E. (2010). Diseño de la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en el Ingenio Azucarero San Carlos S.A. según la Norma OSHAS 18001-2007 (Tesis de Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Cavalle, N. (2012). NTP 395: Agentes químicos, evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (I). Aspectos generales. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Cavalle, N. (2012). NTP 936: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Centing S.A. (2017). Cabina con cortina de agua. Manual del Usuario. Centing S.A.: Rosario, Argentina.
- Cengel Y. (2006). Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones. Primera Edición. México – México. Editorial Mc Graw Hill.

- Delgado, D. (2012). Riesgos Derivados de las Condiciones de Trabajo y de la percepción de Salud según el género de la población trabajadora en España (Tesis de Doctorado). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henare.
- Estrada, M. (2014). Diseño de Investigación para la determinación del tiempo de duración de una solución de Permanganato de Potasio para la decoloración en pantalones de lona, para mejorar la productividad (Tesis de Ingeniería). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- García, C. (1993). Diseño de acero estructural por Joseph Bowles. Primera Edición. Cuarta reimpresión. México. Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores.
- Guardino, X. y Heras C. (2004). NTP 672: Extracción localizada en el laboratorio. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- IESS. (2010). Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Quito: Ministerio de Trabajo Ecuador – Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
- Leones, P. (2011). Plan de Prevención de Riesgos Laborales en la Empresa Randimpak de la Ciudad de Riobamba (Tesis de Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- LPA. (1994). Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental, Título III, Capítulo I: de la Calidad del aire. Andalucía: Ley de Protección Ambiental
- López, M. (2013). Riesgos químicos por el uso de la sosa caustica y su incidencia en el área de envasado en Industrias Licoreras Asociadas (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ambato
- López, J. (2013). Verificación de Sistemas de Ventilación por Extracción Localizada (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.
- Megyesy E. (1992). Manual de recipientes a presión. Primera Edición. México – México. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.
- Mott, R. (2006). Mecánica de Fluidos. Sexta Edición. México – México. Editorial Pearson Educación.
- Panimboza, R. (2014). Estudio de la calidad de aire por contaminantes químicos en el área de producción de suelas de poliuretano en la Empresa La Fortaleza Cia. Ltda. para cumplir con la legislación en seguridad industrial (Tesis de Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Popendorf, W. (2006). Industrial Hygiene Control of Airborne Chemical Hazards. Taylor & Francis: New York.
- Powdertronic. (2016). Cabina de cortina de agua: El perfeccionamiento en la aplicación de pintura. Recuperado el 2016, de <http://powdertronic.com/cabina-de-cortina-de-agua-el-perfeccionamiento-en-la-aplicacion-de-pintura/>

- Real Decreto. (1997). RD 486: Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Riba, C. (2002). Diseño concurrente. Primera Edición. Barcelona. Ediciones UPC.
- Rodríguez, V. (2011). Diseño de prendas femeninas en Jeans Wear, moldeadoras (Tesis de Ingeniería). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Sevilla, J. y Gonzáles, C. (2003). Contaminantes Químicos. Unidad 2. Trabajo presentado para el Programa del Curso Prevención de Riesgos Laborales, dictado en la Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca.
- Verdugo, P. (2013). Identificación y Prevención de riesgos en los puestos de trabajo en la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAT-EP (Tesis de Ingeniería). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Wearona (2016). Stop of sandblasting saves lives. Recuperado el 2016, de http://www.wearona.com/art_and_culture/culture/stop-of-sandblasting-saves-lives/

ANEXOS

Anexos 1

FICHA DE INVENTARIO

Se realizó el estudio documental con la visita “in situ”, de los siguientes aspectos:

1. Ubicación del área:

Esta área está dentro de las instalaciones de la Empresa Laboratorio del Denim Ecuador, el cual está ubicado en el parque Industrial 1ra Etapa, calle Quinta Intersección: Avenida F, sector el Pisque, parroquia Izamba, Ambato.

2. Usos, actividades y distribución del área:

- Actividades

Actividad de acabado del Jeans, especialmente el sand blast químico, para lo cual utilizan sustancias químicas como el permanganato de potasio.

3. Materiales de construcción

La infraestructura es mixta es decir es de hormigón y estructura metálica, y es apropiado para las funciones del área.

4. Instalación del área

- Instalaciones de acondicionamiento de aire:

El área no cuenta con dichas instalaciones, y el trabajo se realiza en espacios con aberturas limitadas de entrada y salida con ventilación natural desfavorable, por lo se debe valorar este parámetro.

- Instalaciones de agua

Tiene la instalación de agua en perfecto estado, y este es suministrado por la red del parque industrial.

- Instalaciones de salubridad

La instalación de salubridad no presenta problemas de olores, derrames, etc.

- Instalación de transporte vertical y comunicación entre plantas

No existe instalaciones de transporte vertical y comunicación entre plantas, por lo que no hay la probabilidad de que estas instalaciones generen migración de contaminantes, propagación de ruidos, etc. Por lo que no se tomara en cuenta en el resumen de la ficha de inventarios.

- Instalación de electricidad y de telecomunicaciones

Su instalación eléctricas es adecuadas, y las instalaciones de iluminación es acorde al usos del área

- Almacenes y salas de usos especiales

No es almacén ni tampoco se utiliza como salas de usos especiales, por lo que no representa un riesgo en cualquier tipo de contaminación.

5. Mantenimiento del área

Existe un plan de mantenimiento con el objeto de asegurar las condiciones físicas del área, y este a su vez son operaciones que son adecuadas y no contribuyen a su vez a generar contaminación alguna.

6. Remodelación del área

La probabilidad de que una operación de renovación sea causa de problemas de calidad ambiental es muy baja, por lo que no hay efectos que podrían tener malas prácticas en este aspecto.

7. Fotografías del inventario

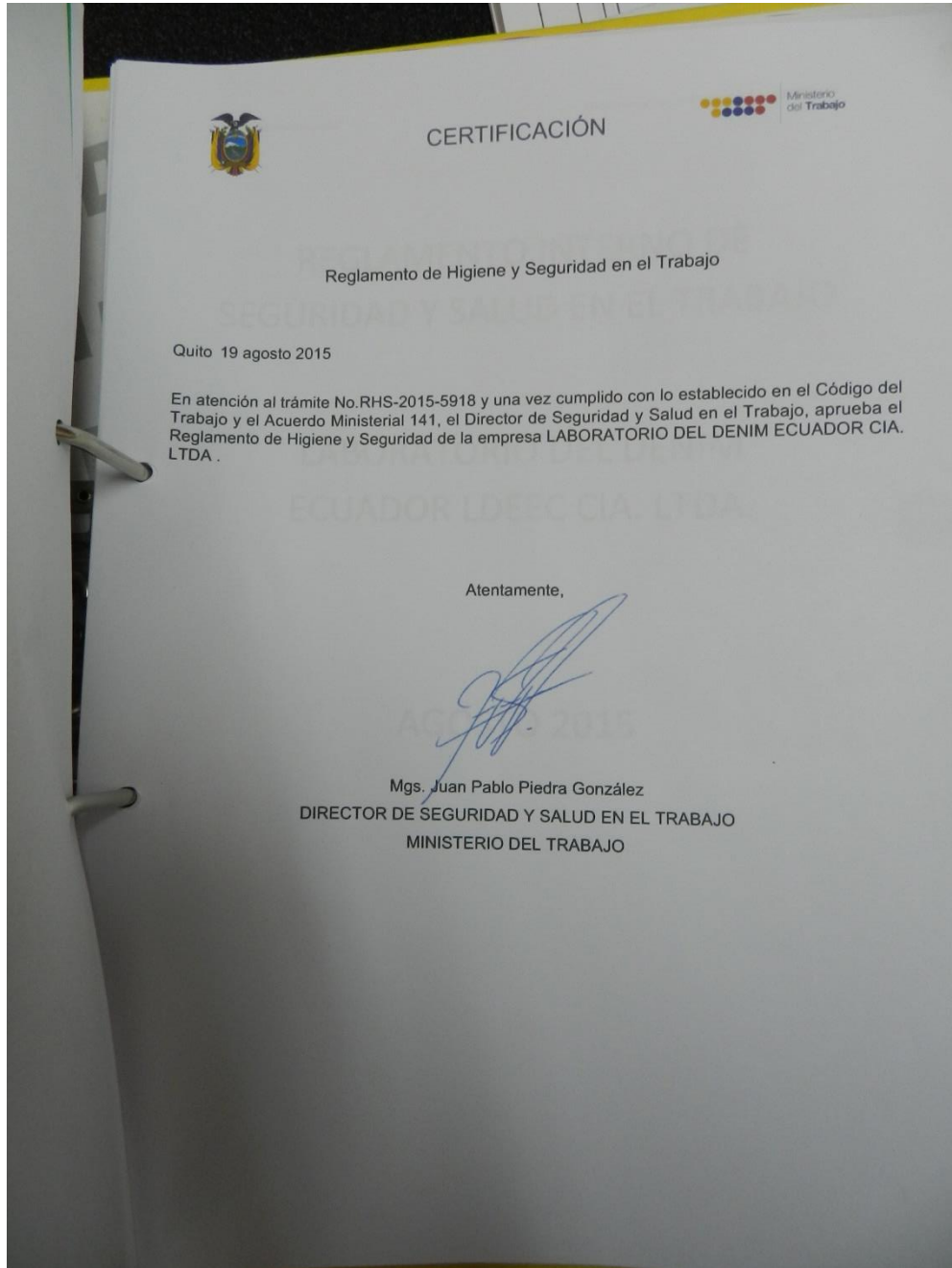


Nota: La recopilación de la información “in situ” se realizó con la ayuda del personal de la empresa, y con la documentación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo, facilitado por la empresa.

Fuente: (Autor)

Anexos 2

APROBACIÓN DEL REGLAMENTO DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO



Fuente: (Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda)

Anexos 3

**MATRIZ DE TRIPLE CRITERIO – REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN
DEL RIESGO LABORAL POR PUESTOS DE TRABAJO**

Anexos 4

**EXTRACTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y
SALUD EN EL TRABAJO – DIAGNÓSTICO INICIAL DE RIESGOS
“OPERARIO DE SANDBLASTING”**

LDEEC CIA. LTDA.	LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.	Versión : 00
	SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD EN ELTRABAJO	Código : LDD- SGSST-T-R-01
DIAGNÓSTICO INICIAL DE RIESGOS		

ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL TRABAJO No 11																															
1. DATOS DE LA EMPRESA: 1.1. NOMBRE DE LA EMPRESA: LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.	Fecha y hora de la evaluación: 10/08/2015 Nombre del Evaluador: Ing. Andrés Cabrera Mg. Código: 8059 B4																														
1.2. ACTIVIDAD PRINCIPAL: Actividad de lavado, limpieza y teñido industrial de prendas de tela y jean.	1.3. ACTIVIDAD SECUNDARIA: Actividades de diseño y técnicas industriales para prendas de vestir.																														
1.4. CLASIFICACIÓN CIU: C1313.01	1.5. DIRECCIÓN Parque industrial 1ra Etapa, calle: Quinta intersección: avenida F, sector el Pisque – parroquia Izamba.																														
2. DATOS PUESTO DE TRABAJO:																															
2.1. PUESTO DE TRABAJO: Operario de Sandblasting	2.2. NÚMERO DE TRABAJADORES: 4																														
2.3. POBLACIÓN VULNERABLE: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>2.3.1. Mujeres Embarazadas</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>#</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3.2. Personal con discapacidad</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>#</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3.3. Adultos Mayores</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>#</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3.4. Personal menor de 18 años</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>#</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3.5. Capacitación en SSO</td> <td colspan="2">SI</td> <td>NO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3.6. Años de Experiencia</td> <td colspan="2">1</td> <td>año</td> <td></td> </tr> </table>	2.3.1. Mujeres Embarazadas	SI	NO	#		2.3.2. Personal con discapacidad	SI	NO	#		2.3.3. Adultos Mayores	SI	NO	#		2.3.4. Personal menor de 18 años	SI	NO	#		2.3.5. Capacitación en SSO	SI		NO		2.3.6. Años de Experiencia	1		año		2.4. NÚMERO DE HOMBRES: 4 2.5. NÚMERO DE MUJERES: 0 2.6. Horario de Trabajo 08H00-17:00 2.7 Turnos de trabajos: 1 (Mañana y Tarde)
2.3.1. Mujeres Embarazadas	SI	NO	#																												
2.3.2. Personal con discapacidad	SI	NO	#																												
2.3.3. Adultos Mayores	SI	NO	#																												
2.3.4. Personal menor de 18 años	SI	NO	#																												
2.3.5. Capacitación en SSO	SI		NO																												
2.3.6. Años de Experiencia	1		año																												
3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR PUESTO DE TRABAJO.																															
3.1. ÁREA DE TRABAJO: Sandblasting	3.2. PROCESO Realizar el acabado del jean mediante el proceso de sandblasting.																														
3.3. Descripción breve de las Instalaciones (condiciones Inseguras) y descripción breve de las actividades. Instalaciones: Iluminación directa, desorden, falta de limpieza. Actividad: Pintado de prendas mediante el proceso de sandblasting.	3.4. Fotografías de las Instalaciones																														

LDEEC CIA. LTDA.	LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA.	Versión : 00
	SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD EN ELTRABAJO	Código : LDD- SGSST-T-R-01
DIAGNÓSTICO INICIAL DE RIESGOS		

- El daño ocurrirá siempre o casi siempre

4.3.2.2. Probabilidad Media:

- El daño ocurrirá en algunas ocasiones

4.3.2.3. Probabilidad Baja:

- El daño ocurrirá raras veces

4.3.3. Matriz de Estimación de niveles de riesgo

		Niveles de riesgo		
		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Tabla 1.- Matriz Probabilidad Consecuencia del INSHT

4.3.4. Protección corporal existente en el puesto de trabajo (pinte el casillero)

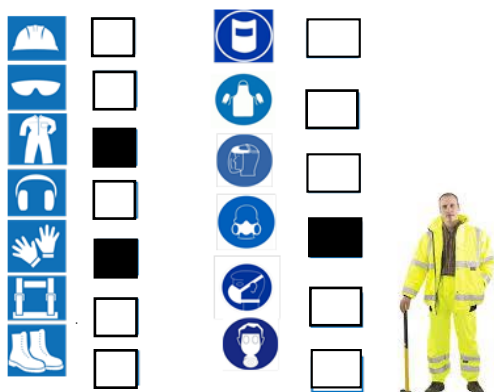


Figura 1.- Equipos de Protección personal (E.P.P.)

Observaciones:

Debe utilizar los siguientes EPP´s: Calzado industrial, Botín (Norma ASTM F2413 – 11, Industria en general).

4.3.5. Herramientas y equipos utilizados para la actividad

Pistola de Sandblasting, brocha, compresor.

Fuente: (Empresa Laboratorio del Denim Ecuador LDEEC Cia. Ltda)

Anexos 5

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE DE MARCA BACHARACH

Calibration Report



CAL DATE: 15-Apr-2016
 MODEL #: 1522-1008
 Serial No: IEQ1404K0545

MONITOR CHANNEL	Calibration Gas	BEFORE CALIBRATION		AFTER CALIBRATION		ACCURACY
		UNCAL.	Units	CAL.	Units	% Full Scale
CO2	CO2	New Sensor		1009	PPM	+/- 2%
	CO2	New Sensor		1989	PPM	+/- 2%
	CO2	New Sensor		3990	PPM	+/- 2%
CO	CO	New Sensor		24.6	PPM	+/- 2%
TVOC	i-C4H8	New Sensor		100	PPM	+/- 2%
Temperature	76.1	New Sensor		76.1	°F	+/- 2%
RH %	30	New Sensor		30	%	+/- 2%
	82.2	New Sensor		82.3	%	+/- 2%

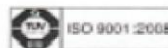
CALIBRATION ACHIEVED WITH THE FOLLOWING SOURCES / REFERENCES:

GAS TYPE	CONCEN.	SOURCE	LOT NUMBER	EXP DATE
CO2	1010 PPM	CYLINDER	LINDE 1252493	April 2017
	1990 PPM	CYLINDER	LINDE 1224211	Aug. 2015
	3990 PPM	CYLINDER	LINDE 1234075	Oct. 2015
CO	24.6 PPM	CYLINDER	LINDE 1252494	April 2016
i-C4H8	100 PPM	CYLINDER	CALGAZ 1350420	July 2015
N2 / ZERO Air	99.90%	For Zeroing	CYLINDER LINDE L22691	Sept. 2017
			SERIAL NUMBER	
Temperature	76.1 °F	Met One Instruments	E5758	April 2015
Humidity	30.0%	Met One Instruments	E5758	April 2015
	82.2%			

" IT IS HEREBY CERTIFIED THAT THE PRODUCTS LISTED ABOVE HAVE BEEN CALIBRATED, INSPECTED, TESTED AND ACCEPTED BASED ON APPLICABLE SPECIFICATIONS AND REQUIREMENTS." ALL CALIBRATION EQUIPMENT & GASES USED IN THIS TEST ARE NIST TRACEABLE.

QUALITY ASSURANCE/TECHNICIAN  Richard Grant

World Headquarters 621 Hunt Valley Circle, New Kensington PA 15068-7074 USA
 PHONE: +1 724-334-5000 FAX: +1 724-334-5001 WEBSITE: www.MyBacharach.com E-MAIL: help@MyBacharach.com



Anexos 6

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE
MATERIAL PARTICULADO**



1600 Washington Blvd
 Grants Pass, OR 97526
 (541) 471-7111
 (541) 471-7116 (Fax)
 Service@metone.com

Met One
 Instruments

Calibration Certificate

The calibration results on this report certify that this instrument complies with the product specifications at the time of calibration. Calibration was performed according to accepted industry methods using equipment, procedures, and standards that are traceable to NIST and ASTM and JIS.

Recommended calibration interval is 12 months from the first day of use.

Instrument Model# Aerocet-531S Instrument Serial# R11285

Date of Calibration 2/6/2016 Sensor # 11990

Darleen Best ^{AP}

R. J. [Signature]
 Quality Check

Calibration Technician

Temperature 23 °C

Relative Humidity 24 %

Test Procedure: AEROCET-531S-6100

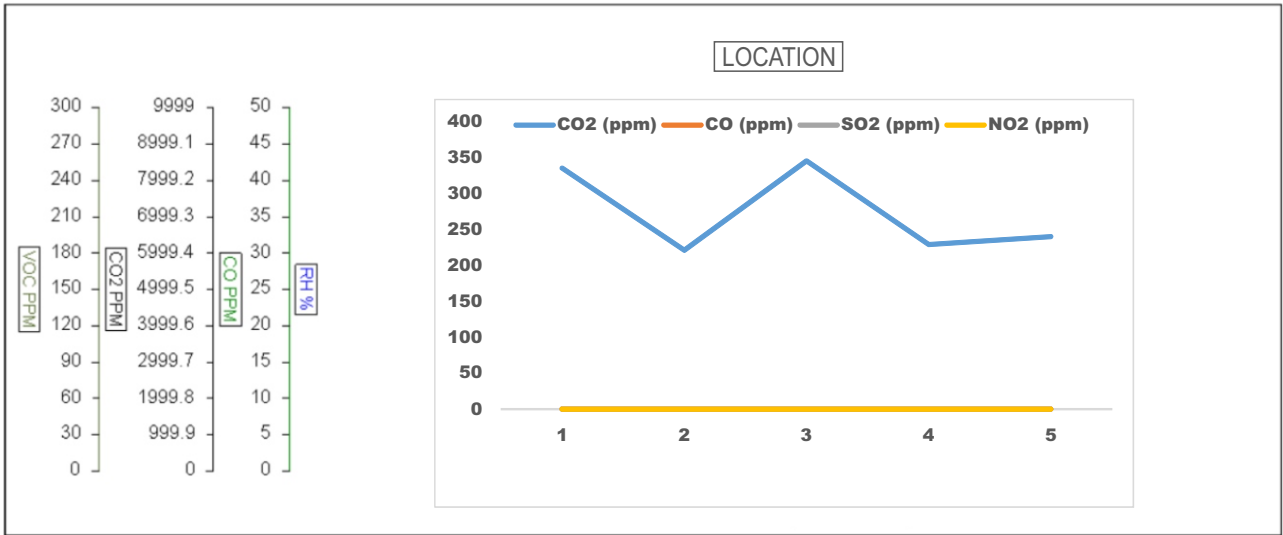
PSL Size (µm)	Test Results	Test Spec.	Lot# NIST	Expiration
0.5	Pass	± 10%	39699	11/30/2017
0.7	Pass	± 10%	40240	3/31/2017
1.0	Pass	± 10%	40849	07/31/2015
2.5	Pass	± 10%	38082	5/31/2014
5.0	Pass	± 10%	41903	04/30/2016
10.0	Pass	± 10%	39409	08/31/2014

Standards	Model	SN	Cal Due
Particle Counter	GT-526	M1763	5/14/2014
FLOWMETER	DC L	637	2/19/2014
MULTIMETER	189 Multimeter	94060816	6/25/2014
RH/Temp Sensor	053E-1-35	H8055	8/8/2014

This calibration certificate shall not be reproduced except in full, without the written approval of Met One Instruments Inc.

Anexos 7

**REPORTE DE MEDICIONES DESCARGADO DEL EQUIPO
BACHARACH (PARTE 1)**



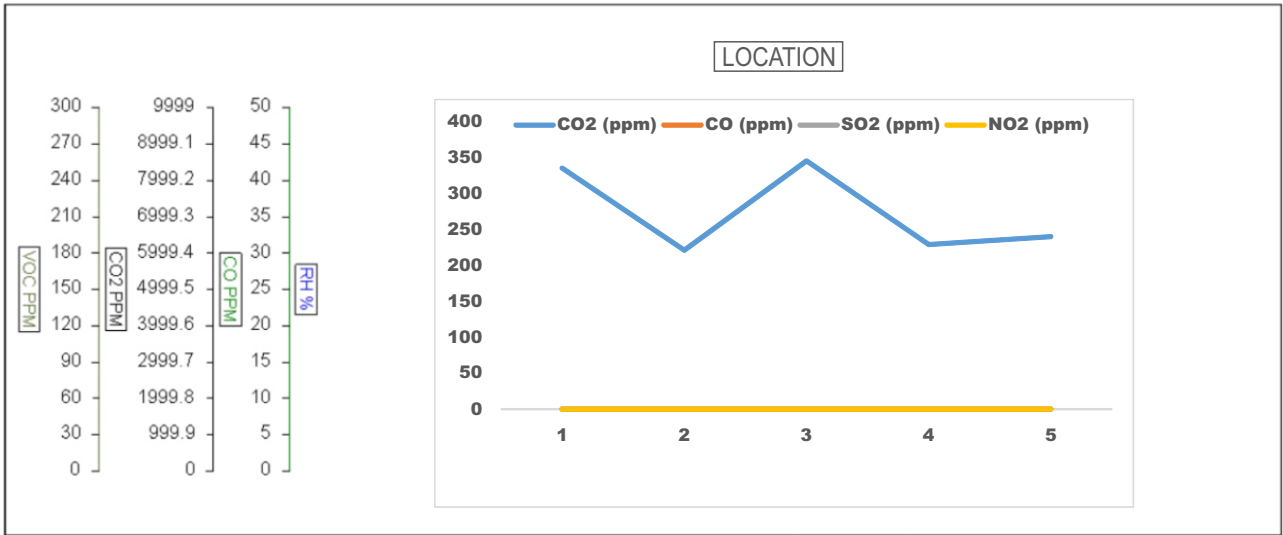
Report:07/03/2017 10:31 Bacharach IEQ cheq s-1

CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
340	0,0	0,0	0,0
345	0,0	0,0	0,0
236	0,0	0,0	0,0
341	0,0	0,0	0,0
334	0,0	0,0	0,0



Anexos 8

**REPORTE DE MEDICIONES DESCARGADO DEL EQUIPO
BACHARACH (PARTE 2)**



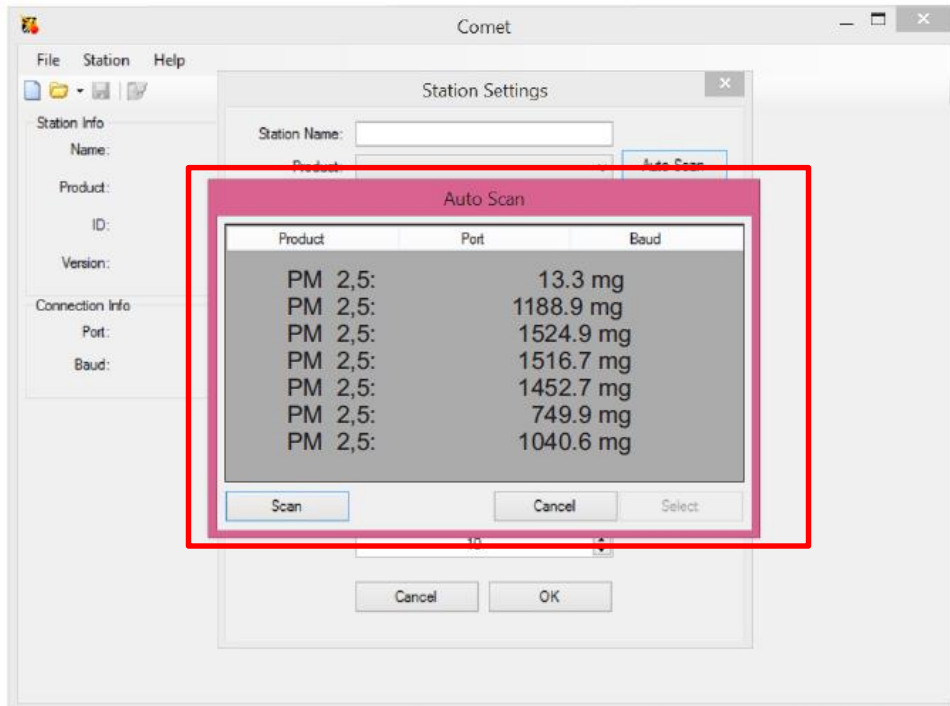
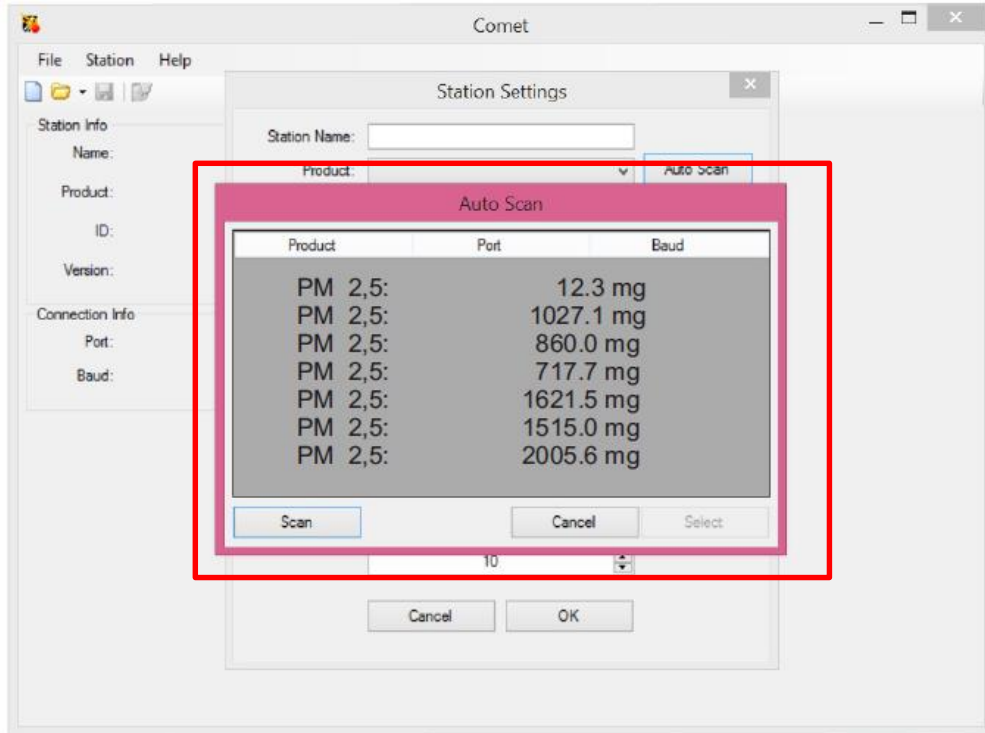
Report:08/03/2017 11:03 Bacharach IEQ cheq s-2

CO ₂ (ppm)	CO (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
335	0,0	0,0	0,0
221	0,0	0,0	0,0
345	0,0	0,0	0,0
229	0,0	0,0	0,0
240	0,0	0,0	0,0



Anexos 9

REPORTE DE MEDICIONES DESCARGADO DEL EQUIPO AEROCET



Anexo 10

FOTOGRAFÍA DE LAS MEDICIONES (PARTE 1)



Fuente: (Autor)

Anexo 11

FOTOGRAFÍA DE LAS MEDICIONES (PARTE 2)



Fuente: (Autor)

Anexos 12

ESTIMACIÓN DEL VALOR MÁS PROBABLE DE LA MEDIA DE LAS MEDICIONES EFECTUADAS

Los pasos a seguir para estimar la media son:

1. Calcular los logaritmos neperianos (logaritmo natural) de las “n” concentraciones (ci).
2. Calcular m_L , la media aritmética de los $\ln ci$.

$$m_L = \frac{\sum \ln ci}{n}$$

- n. Calcular la desviación estándar, S_L

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum (m_L - \ln ci)^2}{n - 1}}$$

4. Calcular la media geométrica, MG

$$MG = e^{m_L}$$

5. Calcular la desviación estándar geométrica, DSG

$$DSG = e^{S_L}$$

6. Calcular ϕ , mediante la fórmula:

$$\phi = 1 + \frac{(n - 1)}{n} t + \frac{(n - 1)^3}{n^2(n + 1)} \frac{t^2}{2}$$

Donde:

$$t = \frac{(S_L)^2}{2}$$

7. A partir de la media geométrica y de ϕ se estima la media aritmética, es decir, el valor más probable de la media de la concentración (media estimada):

$$m_{estimada} = MG * \phi$$

- Cálculo de la estimación del valor más probable de la media del dióxido de carbono



**ESTIMACIÓN DEL VALOR MAS PROBABLE DE LA MEDIA DEL
DIÓXIDO DE CARBONO (CÁLCULO 1)**

Equipo: Monitor de calidad de aire interior IEQ Chek de marca BACHARACH

n	ci (ppm)	ln ci	mL – ln ci	(mL – ln ci) ²
1	221	5,3982	0,2460	0,0605
2	245	5,5013	0,1429	0,0204
3	310	5,7366	-0,0924	0,0085
4	229	5,4337	0,2105	0,0443
5	345	5,8435	-0,1994	0,0397
6	340	5,8289	-0,1848	0,0341
7	345	5,8435	-0,1994	0,0397
8	236	5,4638	0,1804	0,0325
9	341	5,8319	-0,1877	0,0352
10	334	5,8111	-0,1670	0,0279
11	335	5,8141	-0,1699	0,0289
12	221	5,3982	0,2460	0,0605
13	345	5,8435	-0,1994	0,0397
14	229	5,4337	0,2105	0,0443
15	240	5,4806	0,1635	0,0267
Suma		84,6628	Suma	0,5432
mL		5,6442	SL²	0,0388
			SL	0,1970
			MG	282,64
			DSG	1,2177

Fuente: (Autor)



**ESTIMACIÓN DEL VALOR MAS PROBABLE DE LA MEDIA DEL
DIÓXIDO DE CARBONO (CÁLCULO 2)**

n	(n-1)/n	$((n-1)^3/(n^2(n+1)))$
2	0,500	0,083
3	0,667	0,222
4	0,750	0,338
5	0,800	0,427
6	0,833	0,496
7	0,857	0,551
8	0,875	0,595
9	0,889	0,632
10	0,900	0,663
11	0,909	0,689
12	0,917	0,711
13	0,923	0,730
14	0,929	0,747
15	0,933	0,762
	S_L^2	0,0388
t =	$S_L^2/2$	0,0194
t² =		0,00038
	1	1,00000
	$((n-1)/n)*t$	0,01811
	$((n-1)^3/(n^2(n+1)))*(t^2/2)$	0,00014
	ϕ	1,02



Fuente: (Autor)

$$m_{estimada} = MG * \phi$$

$$m_{estimada} = 282,64ppm * 1,02$$

$$m_{estimada} = 288 ppm$$

- Cálculo de la estimación del valor más probable de la media de las partículas en suspensión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE			
ESTIMACIÓN DEL VALOR MAS PROBABLE DE LA MEDIA DE LAS PARTICULAS EN SUSPENSION (PM2,5) (CÁLCULO 1)					
Equipo: Medidor de Material Particulado de marca AEROCET					
n	ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ln ci	mL – ln ci	(mL – ln ci) ²	
1	1025,0	6,9324	0,1402	0,0196	
2	1884,0	7,5412	-0,4685	0,2195	
3	1913,3	7,5566	-0,4840	0,2342	
4	1213,4	7,1012	-0,0286	0,0008	
5	567,0	6,3404	0,7323	0,5362	
6	1027,1	6,9345	0,1381	0,0191	
7	860,0	6,7569	0,3157	0,0997	
8	717,7	6,5761	0,4966	0,2466	
9	1621,5	7,3911	-0,3185	0,1014	
10	1515,0	7,3232	-0,2505	0,0628	
11	1188,9	7,0808	-0,0082	0,0001	
12	1524,9	7,3297	-0,2571	0,0661	
13	1516,7	7,3243	-0,2517	0,0633	
14	1452,7	7,2812	-0,2086	0,0435	
15	749,9	6,6199	0,4527	0,2049	
Suma		106,0894	Suma	1,9178	
mL		7,0726	SL²	0,1370	
			SL	0,3701	
			MG	1179,24	
			DSG	1,4479	

Fuente: (Autor)



ESTIMACIÓN DEL VALOR MAS PROBABLE DE LAS PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN (PM2,5) (CÁLCULO 2)		
n	(n-1)/n	$((n-1)^3/(n^2(n+1)))$
2	0,500	0,083
3	0,667	0,222
4	0,750	0,338
5	0,800	0,427
6	0,833	0,496
7	0,857	0,551
8	0,875	0,595
9	0,889	0,632
10	0,900	0,663
11	0,909	0,689
12	0,917	0,711
13	0,923	0,730
14	0,929	0,747
15	0,933	0,762
	S_L^2	0,137
t =	$S_L^2/2$	0,0685
t² =		0,00469
	1	1,00000
	$((n-1)/n)*t$	0,06393
	$((n-1)^3/(n^2(n+1)))*(t^2/2)$	0,00179
	ϕ	1,07

Fuente: (Autor)

$$m_{estimada} = MG * \phi$$

$$m_{estimada} = 1179,24 \mu\text{g}/\text{m}^3 * 1,07$$

$$m_{estimada} = 1257 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Anexo 13

FORMATO DE ENCUESTA

Objetivo:

Recopilar información para la investigación sobre el tema: “LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL PROCESO DE ACABADO (SAND BLAST QUÍMICO) DEL JEANS EN LA EMPRESA LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE DE TRABAJO”, para lo cual se necesita conocer su opinión sobre la temática, el mismo que será de suma importancia y de gran utilidad para la investigación, por tal razón díguese en contestar el siguiente cuestionario.

Dirigida:

A los trabajadores del área de sand blast químico.

Instrucciones:

- Lea detenidamente cada pregunta.
- Marque con una X sólo una respuesta, según sea su criterio

Preguntas:

1. ¿Está expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado del jeans, que implique molestia o riesgo alguno?

SI

NO

2. ¿Conoce que es el permanganato de potasio?

SI

NO

3. ¿Ha tenido alguna vez un incidente causado por la influencia de la calidad del aire interior, en su área de trabajo?

SI

NO

4. ¿Para el desarrollo de su actividad laboral, Usted toma medidas preventivas?

SI

NO

5. ¿Son idóneas las medidas preventivas tomadas de acuerdo a su actividad laboral?

SI

NO

6. ¿Ha sufrido algún daño a su salud por su actividad laboral?

MUCHO

POCO

MUY POCO

7. ¿Considera Usted que su puesto de trabajo ha sido diseñado para no inhalar permanganato de potasio?

SI

NO

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexos 14

GUÍA DE LA ENTREVISTA

Objetivo:

Recopilar información para la investigación sobre el tema: “LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EL PROCESO DE ACABADO (SAND BLAST QUÍMICO) DEL JEANS EN LA EMPRESA LABORATORIO DEL DENIM ECUADOR LDEEC CIA. LTDA. Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE DE TRABAJO”, para lo cual se necesita conocer su opinión sobre la temática, el mismo que será de suma importancia y de gran utilidad para la investigación, por tal razón dígnese en contestar el siguiente cuestionario.

Dirigida:

Jefe de área, técnico o responsable de la Seguridad y Salud Ocupacional de la Empresa.

Instrucciones:

- Por favor dígnese en contestar con toda sinceridad, según sea el caso.

Preguntas:

1. ¿Considera Usted que los trabajadores están expuesto a agentes químicos presentes en el aire interior producto del proceso de acabado del jeans, que implique molestia o riesgo alguno?

Respuesta:.....
.....
.....

2. ¿Cumple la Empresa con el “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional”, así como las demás disposiciones solicitadas por el Ministerio de Relaciones Laboral y Ambiental?

Respuesta:.....
.....
.....

3. ¿Considera Usted que la Empresa a pesar de tomar medidas preventivas para el desarrollo de las actividades laborales, se debe buscar otras alternativas de solución?

Respuesta:.....
.....
.....

4. ¿Considera Usted que el puesto de trabajo ha sido diseñado para no inhalar permanganato de potasio?

Respuesta:.....
.....
.....

5. ¿Considera Usted que de no buscar otras alternativas de solución en esta área, el permanganato de potasio puede provocar consecuencias negativas a futuro para el trabajador?

Respuesta:.....
.....
.....

6. ¿El trabajador dispone de todo el equipo de protección personal acorde a la exposición del agente químico como es el permanganato de potasio?

Respuesta:.....
.....
.....

Nombre:

Cargo:

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 15

FOTOGRAFÍA A UNO DE LOS 6 TRABAJADORES DURANTE LA REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA



Fuente: (Autor)

Anexos 16 y

Anexo 17

HOJA INFORMATIVA DEL PERMANGANATO DE POTASIO



Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de New Jersey

HOJA INFORMATIVA SOBRE SUBSTANCIAS PELIGROSAS

Nombre común: **PERMANGANATO DE POTASIO**

Número CAS: 7722-64-7
Número DOT: UN 1490

(POTASSIUM PERMANGANATE)

Número de la sustancia RTK: 1578
Fecha: marzo de 1986 Revisión: mayo de 2002

RESUMEN DE RIESGOS

- * El **permanganato de potasio** puede afectarle al inhalarlo.
- * El contacto puede causar graves irritaciones y quemaduras en la piel y los ojos, con la posibilidad de daño a los ojos.
- * Respirar el **permanganato de potasio** puede irritar la nariz y la garganta.
- * Respirar el **permanganato de potasio** puede irritar los pulmones, y causar tos y/o falta de aire. A niveles más altos la exposición puede causar una acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar), una emergencia médica, con una intensa falta de aire.
- * Es posible que el **permanganato de potasio** afecte al hígado y riñón.

IDENTIFICACIÓN

El **permanganato de potasio** es un sólido con aspecto de arena sin olor, de color púrpura oscuro. Se emplea en solución como desinfectante, desodorizante y blanqueador y en la purificación del aire y del agua.

RAZONES PARA SU MENCIÓN

- * El **permanganato de potasio** está en la Lista de Sustancias Peligrosas (Hazardous Substance List) ya que ha sido citado por el DOT y la EPA.
- * Las definiciones se encuentran en la página 5.

CÓMO DETERMINAR SI UD. ESTÁ EN RIESGO DE EXPOSICIÓN

La Ley del Derecho a Saber de New Jersey (New Jersey Right to Know Act) exige a la mayoría de los empleadores que rotulen los envases de las sustancias químicas en el lugar de trabajo y exige a los empleadores públicos que provean a sus empleados información y capacitación acerca de los peligros y controles de las sustancias químicas. La Norma de Comunicación de Riesgos (Hazard Communication Standard), la norma federal de la OSHA: 29 CFR 1910.1200, exige a los empleadores privados que provean a sus empleados capacitación e información similares.

- * La exposición a sustancias peligrosas debe ser evaluada en forma rutinaria. Esta evaluación podría incluir la recolección de muestras de aire a nivel individual y del local. Ud. puede obtener fotocopias de los resultados del muestreo a través de su empleador, de acuerdo al derecho

legal que le otorga la norma de la OSHA: 29 CFR 1910.1020.

- * Si usted cree que tiene algún problema de salud relacionado con el trabajo, vea a un médico capacitado en reconocer las enfermedades ocupacionales. Llévelo esta Hoja Informativa.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

Los siguientes límites de exposición son para el *manganeso*:

OSHA: El límite legal de exposición permitido en el aire (PEL) es de **5 mg/m³**, que no debe excederse en ningún momento.

NIOSH: El límite recomendado de exposición en el aire es de **1 mg/m³**, como promedio durante un turno laboral de 10 horas y de **3 mg/m³**, que no debe excederse durante ningún período de trabajo de 15 minutos.

ACGIH: El límite recomendado de exposición en el aire es de **0,03 mg/m³** (como *fracción respirable*), como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

MANERAS DE REDUCIR LA EXPOSICIÓN

- * Donde sea posible, encierre las operaciones y use ventilación por extracción localizada en el lugar de las emisiones químicas. Si no se usa ventilación por extracción localizada ni se encierran las operaciones, deben usarse respiradores.
- * Use ropa de trabajo protectora.
- * Lávese a fondo inmediatamente después de exponerse al **permanganato de potasio** y al final del turno laboral.
- * Exhiba información sobre los peligros y advertencias en el área de trabajo. Además, como parte de un esfuerzo continuo de educación y capacitación, comunique toda la información sobre los riesgos de salud y seguridad del **permanganato de potasio** a los trabajadores que pudieran estar expuestos.

Esta Hoja Informativa es una fuente de información resumida sobre todos los riesgos potenciales para la salud, especialmente los más graves, que puedan resultar de la exposición. La duración de la exposición, la concentración de la sustancia y otros factores pueden afectar su sensibilidad a cualquiera de los posibles efectos que se describen a continuación.

INFORMACIÓN SOBRE LOS RIESGOS PARA LA SALUD

Efectos agudos sobre la salud

Es posible que los siguientes efectos agudos (a corto plazo) sobre la salud ocurran inmediatamente o poco tiempo después de la exposición al **permanganato de potasio**:

- * El contacto puede causar graves irritaciones y quemaduras en la piel y los ojos, con posibilidad de daño a los ojos.
- * Respirar el **permanganato de potasio** puede irritar la nariz y la garganta.
- * Respirar el **permanganato de potasio** puede irritar los pulmones, y causar tos y/o falta de aire. A niveles más altos la exposición puede causar una acumulación de líquido en los pulmones (edema pulmonar), una emergencia médica, con una intensa falta de aire.

Efectos crónicos sobre la salud

Los siguientes efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud pueden ocurrir algún tiempo después de la exposición al **permanganato de potasio** y durar meses o años:

Riesgo de cáncer

- * Hay evidencia limitada que el **permanganato de potasio** podría causar mutaciones (cambios genéticos). Determinar si presenta o no presenta peligro de cáncer requiere más estudio.

Riesgo para la reproducción

- * Es posible que el **permanganato de potasio** disminuya la fertilidad.

Otros efectos a largo plazo

- * Es posible que el **permanganato de potasio** afecte al hígado y riñón.

RECOMENDACIONES MÉDICAS

Exámenes médicos

Si se desarrollan síntomas o se sospecha la sobreexposición, se recomienda lo siguiente:

- * Considere una radiografía del pecho después de una sobreexposición aguda.
- * Pruebas de la función del hígado y riñón.

Toda evaluación debe incluir un cuidadoso historial de los síntomas anteriores y actuales, junto con un examen. Los

exámenes médicos que buscan daños ya causados no sirven como sustituto del control de la exposición.

Pida fotocopias de sus exámenes médicos. Ud. tiene el derecho legal a esta información bajo la norma de la OSHA: 29 CFR 1910.1020.

Exposiciones combinadas

- * Ya que fumar puede causar enfermedades cardíacas, así como cáncer de pulmón, enfisema y otros problemas respiratorios, puede agravar las afecciones respiratorias causadas por la exposición química. Aun si lleva mucho tiempo fumando, si deja de fumar hoy, su riesgo de desarrollar problemas de salud será reducido.
- * Ya que un consumo de alcohol que sea más que leve puede causar daño al hígado, el beber alcohol puede agravar el daño causado al hígado por el **permanganato de potasio**.

CONTROLES Y PRÁCTICAS LABORALES

A menos que se pueda reemplazar una sustancia peligrosa por una sustancia menos tóxica, los **CONTROLES DE INGENIERÍA** son la manera más efectiva de reducir la exposición. La mejor protección es encerrar las operaciones y/o proveer ventilación por extracción localizada en el lugar de las emisiones químicas. También puede reducirse la exposición si se aíslan las operaciones. El uso de respiradores o equipos de protección es menos efectivo que los controles mencionados arriba, pero a veces es necesario.

Al evaluar los controles existentes en su lugar de trabajo, considere: (1) cuán peligrosa es la sustancia; (2) la cantidad de sustancia emitida en el lugar de trabajo y (3) la posibilidad de que haya contacto perjudicial para la piel o los ojos. Debe haber controles especiales para las sustancias químicas altamente tóxicas o si existe la posibilidad de exposición significativa de la piel, los ojos o el sistema respiratorio.

Además, se recomienda el siguiente control:

- * Donde sea posible, transfiera el **permanganato de potasio** automáticamente desde los tambores u otros recipientes de almacenamiento a los recipientes de procesamiento.

Las buenas **PRÁCTICAS LABORALES** pueden facilitar la reducción de exposiciones peligrosas. Se recomiendan las siguientes prácticas laborales:

- * Los trabajadores cuya ropa ha sido contaminada por **permanganato de potasio** deben cambiarse sin demora y ponerse ropa limpia.
- * No lleve a casa ropa de trabajo contaminada. Podría exponer a sus familiares.
- * La ropa de trabajo contaminada debe ser lavada por individuos que estén informados acerca de los peligros de la exposición al **permanganato de potasio**.

- * El área de trabajo inmediata debe estar provista de lavaojos para uso de emergencia.
- * Si existe la posibilidad de exposición de la piel, deben suministrarse instalaciones de duchas de emergencia.
- * Si el **permanganato de potasio** entra en contacto con la piel, lávese o dúchese inmediatamente para eliminar la sustancia química. Al final del turno laboral, lávese cualquier parte del cuerpo que pueda haber estado en contacto con el **permanganato de potasio**, aunque no esté seguro si hubo contacto.
- * No coma, fume o beba donde se manipula, procesa o almacena el **permanganato de potasio**, ya que puede tragarse la sustancia química. Lávese las manos cuidadosamente antes de comer, beber, maquillarse, fumar o usar el baño.
- * Use una aspiradora o un método húmedo para reducir el polvo durante la limpieza. **NO BARRA EN SECO.**

EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

ES MEJOR TENER CONTROLES EN EL LUGAR DE TRABAJO QUE USAR EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL. Sin embargo, para algunos trabajos (tales como trabajos al aire libre, trabajos en un área confinada, trabajos que se hacen sólo de vez en cuando, o trabajos realizados mientras se instalan los controles en el lugar de trabajo), es posible que sea apropiado usar un equipo de protección individual.

La norma de la OSHA: 29 CFR 1910.132, exige a los empleadores que determinen el equipo de protección individual apropiado para cada situación riesgosa y que capaciten a sus empleados sobre cómo y cuándo usar equipo de protección.

Las siguientes recomendaciones sirven sólo de guía y quizás no se apliquen a todas las situaciones.

Ropa

- * Evite el contacto de la piel con el **permanganato de potasio**. Use guantes y ropa de protección. Los proveedores y/o fabricantes de equipos de seguridad pueden suministrar recomendaciones acerca del material para guantes y/o ropa que provea la mayor protección para su función laboral.
- * Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, protección para la cabeza) debe estar limpia, disponible todos los días y debe ponerse antes de comenzar a trabajar.

Protección para los ojos

- * Use protectores para los ojos resistentes al impacto con coberturas laterales o gafas de protección.
- * Cuando trabaje con sustancias corrosivas, altamente irritantes o tóxicas use una careta, junto con gafas de protección.
- * Cuando trabaje con esta sustancia, no use lentes de contacto.

Protección respiratoria

EL USO INCORRECTO DE LOS RESPIRADORES ES PELIGROSO. Este equipo sólo debe usarse si el empleador tiene un programa por escrito que tome en cuenta las condiciones laborales, los requisitos de capacitación de los trabajadores, las pruebas de ajuste de los respiradores y los exámenes médicos, según se describen en la norma de la OSHA: 29 CFR 1910.134.

- * El NIOSH ha establecido nuevos requisitos para la comprobación y certificación de respiradores de presión negativa, de purificación de aire, de filtro de partículas y de pieza facial filtrante. Se ha cambiado la clasificación de filtros de polvo/neblina/humo y de progenies del radón, y la clasificación de los prefiltros de pintura rociada y pesticidas. Según la nueva clasificación, cada filtro o prefiltro es de la serie N, R o P. Cada serie tiene tres niveles de eficiencia en el filtrado: 95%, 99% y 99,9%. Consulte a su proveedor de equipos de protección o al fabricante del respirador sobre el equipo apropiado para su función laboral.
- * Abandone el área inmediatamente si (1) puede oler el **permanganato de potasio**, percibir su sabor, o detectarlo de cualquier otra manera mientras usa un respirador de filtro o cartucho, (2) experimenta una resistencia respiratoria anormal mientras usa un filtro de partículas, o (3) siente irritación de los ojos mientras usa un respirador de pieza facial completa. Asegúrese de que el sellado entre el respirador y la cara todavía esté en buenas condiciones. Si lo está, cambie el filtro o cartucho. Si el sellado ya no está en buenas condiciones, puede necesitar otro respirador.
- * Tenga en cuenta todas las posibles exposiciones en su lugar de trabajo. Puede necesitar una combinación de filtros, prefiltros o cartuchos para protegerse contra las diferentes formas de una sustancia química (tales como vapor o neblina), o contra una mezcla de sustancias químicas.
- * Donde exista un potencial de exposición alta, use un respirador de pieza facial completa, aprobado por el NIOSH, con suministro de aire, operado en una modalidad de presión-demanda u otra modalidad de presión positiva. Para mayor protección, úselo en combinación con un aparato de respiración autónomo con cilindro de escape, operado en una modalidad de presión-demanda u otra modalidad de presión positiva.
- * La exposición a **500 mg/m³** (como *manganeso*) constituye un peligro inmediato para la vida y la salud. Donde exista la posibilidad de exposición mayor de **500 mg/m³** (como *manganeso*), use un respirador autónomo de pieza facial completa, aprobado por el NIOSH, operado en una modalidad de presión-demanda u otra modalidad de presión positiva.

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- * Antes de trabajar con **permanganato de potasio**, debe estar capacitado en el almacenamiento y la manipulación apropiados de esta sustancia química.

- * El **permanganato de potasio**, en contacto con ciertos SULFÓXIDOS; ALDEHÍDOS; ÁCIDOS FUERTES (tales como el CLORHÍDRICO, SULFÚRICO y NÍTRICO); AMINAS; o GLICOLAS puede provocar un incendio.
- * El **permanganato de potasio** no es compatible con las BASES FUERTES (tales como HIDRÓXIDO DE SODIO e HIDRÓXIDO DE POTASIO); METALES FINAMENTE PULVERIZADOS; PERÓXIDOS; y ALUMINIO, ZINC, PLOMO y COBRE y sus ALEACIONES.
- * Almacene en recipientes bien cerrados, en un área fresca, bien ventilada y lejos de SUBSTANCIAS COMBUSTIBLES y ORGÁNICAS.
- * Proteja a los recipientes de daño físico.

PREGUNTAS Y RESPUESTAS

- P: Si sufro efectos agudos sobre mi salud ahora, ¿sufriré efectos crónicos más adelante?
- R: No siempre. La mayoría de los efectos crónicos (a largo plazo) resultan de exposiciones repetidas a una sustancia química.
- P: ¿Puedo tener efectos a largo plazo sin haber tenido jamás efectos a corto plazo?
- R: Sí, ya que los efectos a largo plazo pueden deberse a exposiciones repetidas a una sustancia química, a niveles que no son suficientemente altos como para enfermarle de inmediato.
- P: ¿Qué probabilidades tengo de enfermarme después de haber estado expuesto a sustancias químicas?
- R: Cuanto mayor sea la exposición, más aumentará la probabilidad de enfermarse debido a sustancias químicas. La medida de la exposición está determinada por la duración de la exposición y la cantidad de material a la cual la persona está expuesta.
- P: ¿Cuándo es más probable que ocurran las exposiciones más altas?
- R: Las condiciones que aumentan el riesgo de exposición incluyen operaciones en que se suelta polvo (molienda, mezclado, demolición, vertido, etc.), otros procesos físicos y mecánicos (calentamiento, vaciado, rociado, y derrames y evaporación a partir de superficies grandes, tales como recipientes abiertos) y exposiciones en espacios confinados (cubas, reactores, calderas, cuartos pequeños, etc.).
- P: ¿Es mayor el riesgo de enfermarse para los trabajadores que para los miembros de la comunidad?
- R: Sí. Las exposiciones en la comunidad, salvo posiblemente en el caso de incendios o derrames, generalmente son mucho más bajas que las que ocurren en el lugar de trabajo. Sin embargo, los miembros de una comunidad pueden estar expuestos por largos períodos de tiempo a agua contaminada así como también a productos químicos en el aire, lo que podría ser problemático para los niños o las personas que ya están enfermas.

- P: ¿Cuáles son los típicos problemas de salud causados por las sustancias químicas que causan mutaciones?
- R: Hay dos preocupaciones principales por la salud relacionadas con los mutágenos: (1) los cambios inducidos en las células pueden causar cánceres y (2) el daño causado a las células de los óvulos y la esperma puede causar consecuencias adversas en la reproducción y el desarrollo.
- P: ¿Pueden ser afectados tanto los hombres como las mujeres por las sustancias químicas que causen daño al sistema reproductivo?
- R: Sí. Algunas sustancias químicas reducen la potencia o la fertilidad tanto de los hombres como de las mujeres. Algunas dañan la esperma y los óvulos, y posiblemente lleven a malformaciones en recién nacidos.
- P: ¿Quiénes están en mayor riesgo de sufrir daños reproductivos?
- R: Las mujeres embarazadas están en mayor riesgo, debido a que las sustancias químicas causan daño al feto en desarrollo. Sin embargo, es posible que las sustancias químicas afecten la capacidad de poder tener hijos, por consiguiente, tanto los hombres como las mujeres en edad de tener hijos están en alto riesgo.

=====
 El Departamento de Salud y Servicios para Personas Mayores de New Jersey (New Jersey Department of Health and Senior Services), Servicio de Salud en el Trabajo (Occupational Health Service), ofrece múltiples servicios relacionados a la salud ocupacional que incluyen información y recursos del programa Derecho a Saber, presentaciones públicas, referencias generales, información sobre la higiene industrial, inventarios, encuestas e investigaciones, y evaluaciones médicas. Consulte otra de las Hojas Informativas que contenga una descripción más detallada de estos servicios, o llame al (609) 984-2202; (609) 984-7407 (fax).
 Dirección web: <http://www.state.nj.us/health/eoh/odisweb>
 =====

DEFINICIONES

La **ACGIH** es la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Recomienda los límites máximos de exposición (los TLV) a sustancias químicas en el lugar de trabajo.

Un **carcinógeno** es una sustancia que causa cáncer.

El número **CAS** es el número único de identificación asignado a una sustancia química por el Servicio de Resúmenes Químicos (Chemical Abstracts Service).

El **CFR** es el *Código de regulaciones federales (Code of Federal Regulations)*, que consta de los reglamentos del gobierno estadounidense.

Una sustancia **combustible** es un sólido, líquido o gas que se quema.

Una sustancia **corrosiva** es un gas, líquido o sólido que causa daño irreversible a sus envases o al tejido humano.

El **DEP** es el Departamento de Protección al Medio Ambiente de New Jersey (Department of Environmental Protection).

El **DOT** es el Departamento de Transporte (Department of Transportation), la agencia federal que regula el transporte de sustancias químicas.

La **EPA** es la Agencia de Protección al Medio Ambiente (Environmental Protection Agency), la agencia federal responsable de regular peligros ambientales.

La **FDA** es la Administración de Alimentos y Fármacos (Food and Drug Administration), la agencia federal que regula alimentos, fármacos, aparatos médicos, productos biológicos, cosméticos, fármacos y alimentos para animales, y productos radiológicos.

Un **feto** es un ser humano o animal no nacido.

La **GRENA** es la *Guía norteamericana de respuesta en caso de emergencia*. Ha sido realizada en conjunto por Transporte Canadá (Transport Canada), el Departamento de Transporte Estadounidense (DOT) y la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México. Es una guía para los que responden primero a un incidente de transporte, para que puedan identificar los peligros específicos o generales del material involucrado, y para que puedan protegerse a ellos mismos así como al público en general durante la fase inicial de respuesta al incidente.

El **HHAG** es el Grupo de Evaluación de la Salud Humana (Human Health Assessment Group) de la EPA federal.

La **IARC** es la Agencia Internacional para Investigaciones sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer), que consta de un grupo científico que clasifica las sustancias químicas según su potencial de causar cáncer.

Una sustancia **inflamable** es un sólido, líquido, vapor o gas que se enciende fácilmente y se quema rápidamente.

mg/m³ significa miligramos de una sustancia química por metro cúbico de aire. Es una medida de concentración (peso/volumen).

Una sustancia **miscible** es un líquido o gas que se disuelve uniformemente en otro líquido o gas.

Un **mutágeno** es una sustancia que causa mutaciones. Una **mutación** es un cambio en el material genético de una célula del organismo. Las mutaciones pueden llevar a malformaciones en recién nacidos, abortos espontáneos o cáncer.

La **NFPA** es la Asociación Nacional para la Protección contra Incendios (National Fire Protection Association). Clasifica las sustancias según su riesgo de incendio y explosión.

El **NIOSH** es el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el Trabajo (National Institute for Occupational Safety and Health). Prueba equipos, evalúa y aprueba los respiradores, realiza estudios sobre los peligros laborales y propone normas a la OSHA.

La **NRC** es la Comisión Reguladora Nuclear (Nuclear Regulatory Commission), una agencia federal que regula las plantas nucleares comerciales y el uso civil de materiales nucleares.

El **NTP** es el Programa Nacional de Toxicología (National Toxicology Program), que examina los productos químicos y evalúa las evidencias de cáncer.

La **OSHA** es la Administración de Salud y Seguridad en el Trabajo (Occupational Safety and Health Administration), la agencia federal que promulga las normas de salud y seguridad y exige el cumplimiento de dichas normas.

El **PEL** es el Límite de Exposición Permitido, que puede ser exigido por la OSHA.

La **PIH** es la designación que el DOT asigna a las sustancias químicas que presentan un Peligro de Intoxicación por Inhalación (Poison Inhalation Hazard).

ppm significa partes de una sustancia por un millón de partes de aire. Es una medida de concentración por volumen de aire.

La **presión de vapor** es una medida de la facilidad con la que un líquido o sólido se mezcla con el aire en su superficie. Una presión de vapor más alta indica una concentración más alta de la sustancia en el aire, y por lo tanto aumenta la probabilidad de inhalarla.

El **punto de inflamabilidad** es la temperatura a la cual un líquido o sólido emite vapores que pueden formar una mezcla inflamable con el aire.

Una sustancia **reactiva** es un sólido, líquido o gas que emite energía, bajo ciertas condiciones.

El **STEL** es el Límite de Exposición a Corto Plazo (Short-Term Exposure Limit), que se mide durante un período de 15 minutos y que nunca debe excederse durante el día laboral.

Un **teratógeno** es una sustancia que causa daño al feto y malformaciones en recién nacidos.

El **TLV** es el Valor Umbral Límite (Threshold Limit Value), el límite de exposición laboral recomendado por la ACGIH.

Anexo 18

TABLA DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO

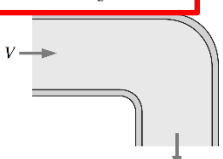
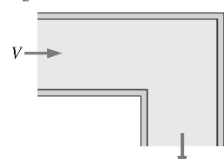
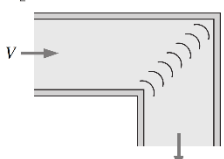
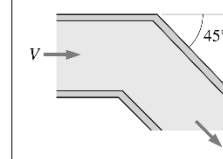
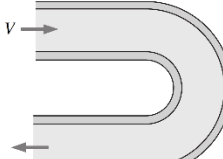
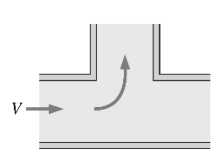
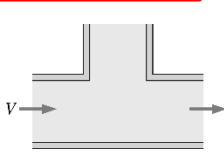
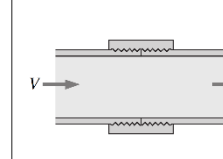
TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891

Anexo 19 y 20

COEFICIENTE DE RESISTENCIA O PÉRDIDA “K” (PARTE 1)

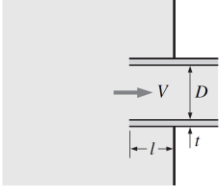
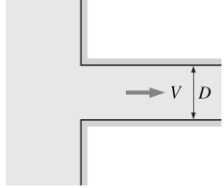
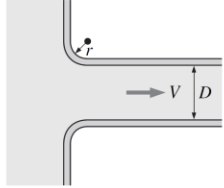
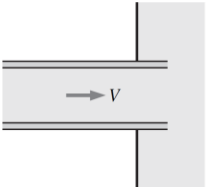
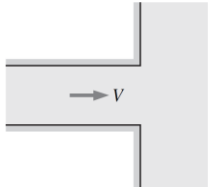
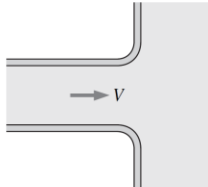
<p><i>Codos y ramificaciones</i> Codo suave de 90°: Embridado: $K_L = 0,3$ Roscado: $K_L = 0,9$</p> 	<p>Codo esquinado de 90° (sin álabes directores): $K_L = 1,1$</p> 	<p>Codo esquinado de 90° (con álabes directores): $K_L = 0,2$</p> 	<p>Codo roscado de 45°: $K_L = 0,4$</p> 
<p>Codo de retorno de 180°: Embridado: $K_L = 0,2$ Roscado: $K_L = 1,5$</p> 	<p>Conexión en T (flujo deriv.): Embridado: $K_L = 1,0$ Roscado: $K_L = 2,0$</p> 	<p>Conexión en T (flujo en línea): Embridado: $K_L = 0,2$ Roscado: $K_L = 0,9$</p> 	<p>Unión roscada: $K_L = 0,08$</p> 
<p><i>Válvulas</i> Válvula de globo, totalmente abierta: $K_L = 10$ Válvula de ángulo, totalmente abierta: $K_L = 5$ Válvula de bola, totalmente abierta: $K_L = 0,05$ Válvula de charnela: $K_L = 2$ (válvula de retención “check”)</p>	<p>Válvula de compuerta, totalmente abierta: $K_L = 0,2$ $\frac{1}{4}$ cerrada: $K_L = 0,3$ $\frac{1}{2}$ cerrada: $K_L = 2,1$ $\frac{3}{4}$ cerrada: $K_L = 17$</p>		

* Ésos son valores representativos para coeficientes de pérdida. Los valores reales dependen principalmente del diseño y la fabricación de los accesorios y pueden diferir considerablemente de los valores dados (en especial para las válvulas). En el diseño final se deben usar los datos reales del fabricante.

Anexo 20

COEFICIENTE DE RESISTENCIA O PÉRDIDA “K” (PARTE 2)

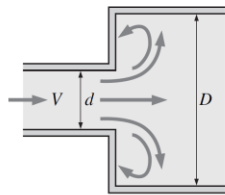
Coefficientes de pérdida K_L de varios accesorios de tubería para flujo turbulento (para usar en la relación $h_L = K_L V^2 / (2g)$, donde V es la velocidad promedio en la tubería que contiene el accesorio)*

<p>Entrada de la tubería Reentrante: $K_L = 0.80$ ($t \ll D$ e $l \approx 0.1D$)</p> 	<p>De borde agudo: $K_L = 0.50$</p> 	<p>Redondeada ($r/D > 0.2$): $K_L = 0.03$ Ligeramente redondeada ($r/D = 0.1$): $K_L = 0.12$ (véase figura 8-36)</p> 
<p>Salida de la tubería Reentrante: $K_L = \alpha$</p> 	<p>De borde agudo: $K_L = \alpha$</p> 	<p>Redondeada: $K_L = \alpha$</p> 

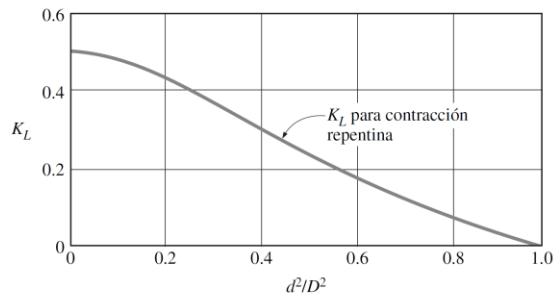
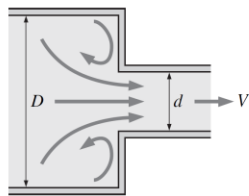
Nota: el factor de corrección de energía cinética es $\alpha = 2$ para flujo laminar totalmente desarrollado, y $\alpha \approx 1$ para flujo turbulento totalmente desarrollado.

Expansión y contracción repentina (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)

Expansión repentina: $K_L = \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$



Contracción repentina: ver gráfica.



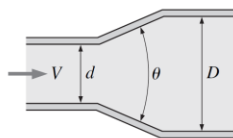
Expansión y contracción gradual (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)

Expansión:

$K_L = 0.02$ para $\theta = 30^\circ$

$K_L = 0.04$ para $\theta = 45^\circ$

$K_L = 0.07$ para $\theta = 60^\circ$



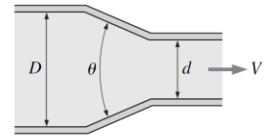
Contracción (para $\theta = 20^\circ$):

$K_L = 0.30$ para $d/D = 0.2$

$K_L = 0.25$ para $d/D = 0.4$

$K_L = 0.15$ para $d/D = 0.6$

$K_L = 0.10$ para $d/D = 0.8$



Fuente: (Cengel, 2006)

Anexo 21

PROPIEDADES DEL TUBO ESTRUCTURAL (PARTE 1)



DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

Centro de servicio y accesorios DIPAC
DISERVICIOS

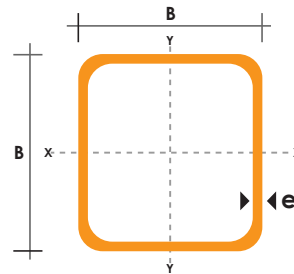
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



Anexo 22

PROPIEDADES DEL TUBO ESTRUCTURAL (PARTE 2)

ASTM A500

Cold-Formed ERW Round, Square and Rectangular Structural Steel Tubing in Grades B And C.

All Independence Tube structural tubing is produced in accordance with the mechanical and chemical property requirements of ASTM A500, Grades B & C.

Chemical Composition	Grade B	Grade C
Carbon, max %	0.26	0.23
Manganese, max %	----	1.35
Phosphorus, max %	0.04	0.04
Sulphur, max %	0.05	0.05
Copper, when copper steel is specified, min %	0.20	0.20

Mechanical Properties - Shapes	Grade B	Grade C
Tensile Strength, min psi	58,000	62,000
Yield Strength, min psi	46,000	50,000
Elongation in 2" min	23%*	21%**
*.180" wall and over		
**.120" wall and over		

Mechanical Properties -Rounds	Grade B	Grade C
Tensile Strength, min psi	58,000	62,000
Yield Strength, min psi	42,000	46,000
Elongation in 2" min	23%*	21%**
*.180" wall and over		
**.120" wall and over		

Outside Dimension Tolerances for Square and Rectangle Structural Tubing

Largest Outside Dimension (in)	Plus/minus*
2-1/2" and under	0.020
2-1/2" to 3-1/2"	0.025
3-1/2" to 5-1/2"	0.030
5-1/2" and over	1%

* Tolerance includes allowance for convexity or concavity. For rectangular tubing having a ratio of outside large to small flat dimension less than 1.5, and for square tubing, the tolerance on small flat dimension shall be identical to the large flat dimension tolerance. For rectangular tubing having a ratio of outside large to small flat dimension in the range of 1.5 to 3.9 inclusive, the tolerance on small flat dimension shall be 1.5 times the large flat dimension tolerance. For rectangular tubing having a ratio of outside large to small flat dimension greater than 3.0, the tolerance on small flat dimension shall be 2.0 times the permissible variations in large flat dimension.

NOTES:

Straightness: .025" times the number of ft of total length.

Squareness of Sides: For square and rectangular structural tubing, adjacent sides shall be square (90°), with a permissible variation of 62° max.

Radius of Corners: The radius of any outside corner shall not exceed 3.0 times the specified wall thickness.

Wall Thickness: ±10% of nominal wall thickness, as measured at the center of the flat.

Permissible Variations in Twist for Square and Rectangular Structural Tubing

Specified Outside Large Flat Dimension	Maximum twist in 3 feet
Over 1-1/2" to 2-1/2"	0.062"
Over 2-1/2" to 4"	0.075"
Over 4" to 6"	0.087"
Over 6" to 8"	0.100"
Over 8"	0.112"



IndependenceTube
CORPORATION

a NUCOR[®] company

6226 West 74th Street
Chicago, IL 60638
1-800-376-6000
1-708-563-1950 (FAX)
www.independencetube.com

Anexo 23

PROPIEDADES DE LA PLANCHA GALVANIZADA (PARTE 1)



PLANCHAS GALVANIZADAS

Especificaciones Generales

Acero base	Calidad Comercial o según tabla de Laminado al Frío
Norma	ASTM A 653 (Norma de recubrimiento)
Espesores	0,30 a 2,90
Rollos	X 1219 y flejes
Planchas	4 X 8 y medidas especiales
Flor	Regular Mínima Zero



RECUBRIMIENTO	(TOTAL AMBAS CARAS)	
TIPO	oz / pie ²	gr / m ²
G-40	40	120
G-60	60	180
G-90	90	270

PRODUCTO/ MERCADO	COMERCIAL, CONSTRUCCION Y EDIFICIOS	INDUSTRIAL	LINEA BLANCA	AUTOMOTRIZ
Lámina Galvanizada	Techos y paredes, perfilería y tubería en general, polines, soportes de cielo falso, ductos de aire, silos para almacenar granos, accesorios para construcción, cortinas metálicas, señalizaciones de carretera, estructuras, techos y soportes de establecimientos.	Aire acondicionado, ventiladores de techo y ventana, tapas, extractores de humo, casas móviles, ductos, bisagras, recipientes, cajas eléctricas, pizarrones electrónicos, motores, laines, etc.	Respaldo de refrigeradores, estufas y lavadoras, soportes, bases, uniones, esquineros y accesorios de fijación y otras partes no expuestas,	Moflers, uniones, soportes, pisos, carter, guanteras, portaestéreos, cinchos y otras partes no expuestas, etc.

Anexo 24

PROPIEDADES DE LA PLANCHA GALVANIZADA (PARTE 2)

Norma: ASTM A-653/924 y NTC 4011

Acabado: Flor regular, pasivado seco, no aceitado con tensionivelado

Recubrimiento: Z90 (G30), Z120 (G40), Z180 (G60), Z275 (G90)

Características: La lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente calidad comercial, estructural y full hard, es un producto que combina las características de resistencia mecánica del acero y la resistencia a la corrosión generada por el Zinc. Se utiliza como materia prima en la industria de refrigeración, construcción, automotriz y metalmecánica en general.

Ficha Técnica:

Rango (Espesor)	Ancho Bobina
1.90 - 1.40	1000, 1220
1.20 - 0.36	914, 1000, 1220
0.30 - 0.27	914, 1000
0.26 - 0.24	914

NOTA: La lámina cortada solo se ofrece en anchos de 1000mm y 1220mm. La longitud será de dos veces el ancho.

Propiedades Mecánicas:

Calidad	Fluencia (MPa)	Resistencia (MPa)	Elongación (%)
CS Comercial	-	-	25 Mín.
SS G30 (230)	230	310	20 Mín.
SS G40 (275)*	275	380	16 Mín.
SS G50 (350)**	350	450	-

*Este material a partir de espesores de 0.75mm ** Este material a partir de espesores de 1.20mm

Tolerancias en espesor (mm)

Ancho especificado hasta (mm)	Tolerancia superior e inferior (±) Espesor nominal (mm)			
	Hasta 1.5	Más de 1.5 a 2.0 inclusive	Más de 2.0 a 2.5 inclusive	Más de 2.5 a 5.0 inclusive
1220	0.05	0.08	0.15	0.18
1000				
914				

Tolerancia máxima en longitud: +35.0mm

Tolerancia máxima en ancho: +6.0mm

Tolerancia máxima en planitud: 30mm en 1.5m

NOTAS: Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Anexo 25

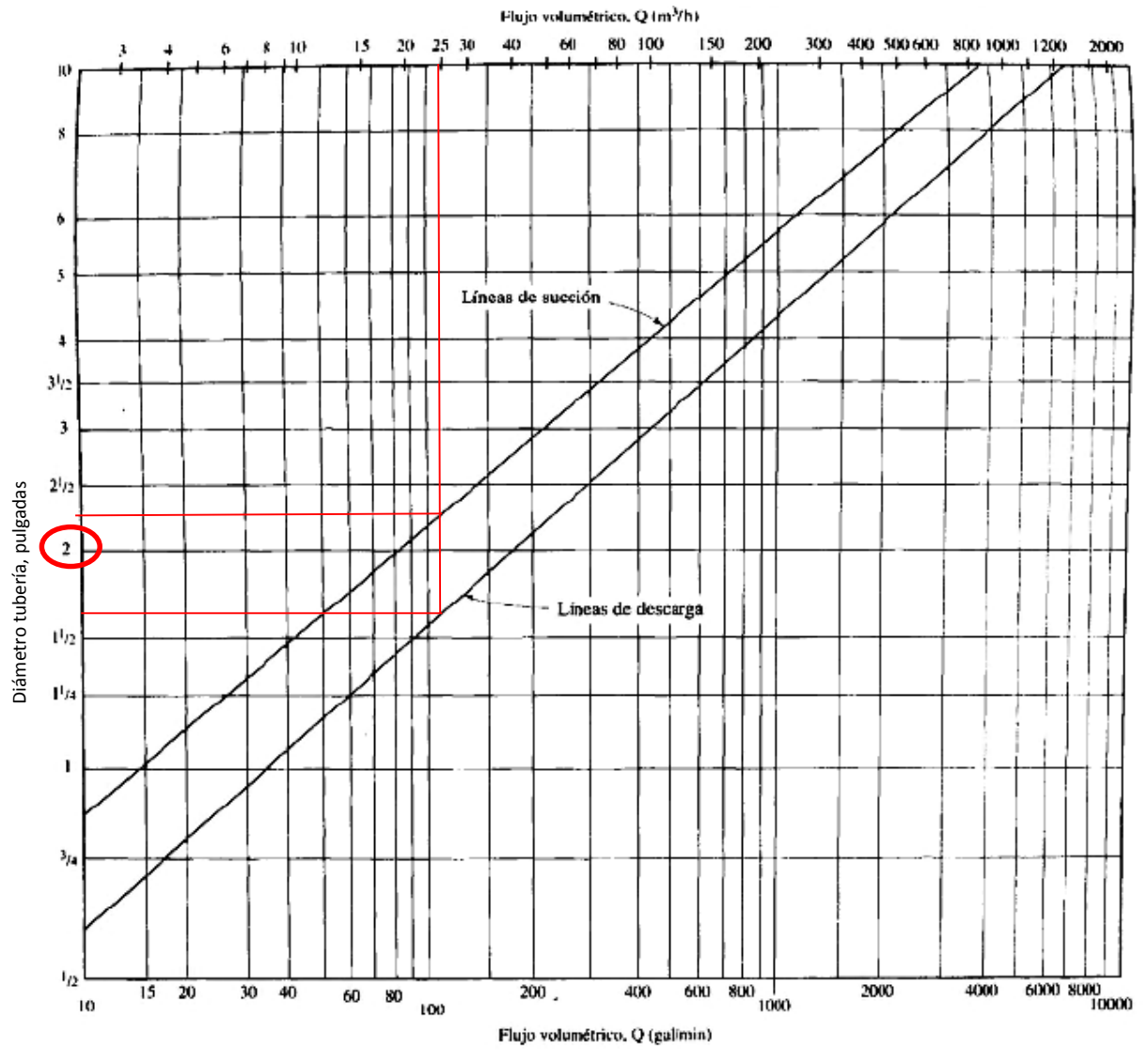
PROPIEDADES DEL AGUA

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Fuente: (Mott, 2006)

Anexo 26

FIGURA PARA SELECCIONAR EL TAMAÑO DE TUBERÍAS



Fuente: (Mott, 2006)

Anexo 27

DIÁMETROS DE TUBERÍAS DE PVC CÉDULA 80



TUBERÍA DE PVC CÉDULA 80

FUNCIONAMIENTO Y DURABILIDAD GARANTIZADOS

EMMSA se esfuerza constantemente en ofrecer la más alta calidad en todos sus productos, y en este constante esfuerzo, procuramos proporcionar a nuestros clientes respuestas prácticas y efectivas a cada una de sus necesidades. Por ello, ofrecemos nuestra tubería de PVC Cédula 80.

La tubería de PVC Cédula 80 se fabrica de acuerdo a ASTM D1785 en diámetros de ½" hasta 16" y se suministra con extremos lisos con lo que el tubo se puede cementar o roscar. La longitud suministrada es de 6.0 metros y viene en color gris oscuro y está diseñado para soportar una gran variedad de sustancias químicas agresivas aplicables principalmente a procesos industriales.

La tubería Cédula 80 cuenta además con la aprobación de NSF 61 (National Sanitation Foundation) para su aplicación en agua potable incluso en presencia de pH menores a 5. Por lo anterior la tubería Cédula 80 no se oxida ni se corroe, garantizando así un sistema de alto rendimiento a través del tiempo y con un mínimo mantenimiento

CERTIFICADO POR



APLICACIONES:

Plantas de Suministro de Agua, Torres de Enfriamiento, Sistemas Ácidos en Refinerías, Metalmecánica y Talleres de Cromado, Líneas de Químicos, Líneas de Desechos, Inyección de Cloro y Dióxido de Cloro, Sistemas de Manejo de Cáusticos, entre otras.

Diámetro Nominal (Pulg)	Diámetro Exterior Promedio (mm)		Diámetro Interior Promedio (mm)		Espesor Mínimo de Pared (mm)		Presión de Trabajo a 23°C (kg/cm²)		Peso Aproximado (kg/m)	
½"	0.840	21.3	0.528	13.4	0.147	3.7	850	59.7	0.205	0.30
¾"	1.050	26.7	0.724	18.4	0.154	3.9	690	48.4	0.275	0.41
1"	1.315	33.4	0.936	23.8	0.179	4.5	630	44.2	0.409	0.61
1 ¼"	1.660	42.2	1.255	31.9	0.191	4.9	520	36.5	0.557	0.83
1 ½"	1.900	48.3	1.476	37.5	0.200	5.1	470	33.0	0.686	1.02
2"	2.375	60.3	1.913	48.6	0.218	5.5	400	28.1	0.949	1.41
2 ½"	2.875	73.0	2.290	58.2	0.276	7.0	420	29.5	1.421	2.11
3"	3.500	88.9	2.864	72.7	0.300	7.6	370	26.0	1.938	2.88
4"	4.500	114.3	3.786	96.2	0.337	8.6	320	22.5	2.833	4.21
6"	6.625	168.3	5.709	145.0	0.432	11.0	280	19.7	5.411	8.04
8"	8.625	219.1	7.565	192.2	0.500	12.7	250	17.6	8.052	11.96
10" *	10.750	273.1	9.493	241.1	0.593	15.1	230	16.1	12.000	17.83
12" *	12.750	323.9	11.294	286.9	0.687	17.4	230	16.1	16.500	24.52
14" *	14.000	355.6	12.500	317.5	0.750	19.1	220	15.4	20.100	29.87
16" *	16.000	406.4	14.314	363.6	0.843	21.4	220	15.4	25.441	37.80

* Se surte sobre pedido

Color: Gris Oscuro

Longitud: 20 pies (6.10 mts)

Extremo Lisos



PRECAUCIÓN

No se recomienda el uso de tuberías de PVC en sistemas de conducción y/o almacenamiento de aire o gas. Tampoco se recomienda llevar a cabo la prueba de hermeticidad del sistema con aire o cualquier tipo de gas comprimido, ya que puede generarse una sobre-presión excesiva y causar fallas explosivas que pueden dañar al personal.

Indicación importante

EMPRESA MEXICANA DE MANUFACTURAS, S.A. DE C.V.

OFICINAS GENERALES

Priv. San Ignacio No. 105
Col. Santa María
Monterrey, N.L. México 64650
Tel. (81) 8153-0010
Fax: (81) 8153-0005
dir@emmsa.com.mx

SUCURSALES

MONTERREY
GUADALAJARA
MÉXICO
LEÓN
HERMOSILLO
MÉRIDA
CD. JUÁREZ
VERACRUZ
TIJUANA
CULIACÁN
CANCÚN
LOS CABOS
MÉXICO NORTE
TAMPICO
MORELIA
AGUASCALIENTES
MONTERREY NORTE
CHIHUAHUA
ACAPULCO
TUXTLA GUTIÉRREZ
PUERTO VALLARTA
TORREÓN
PUEBLA
LOS MOCHIS
QUERÉTARO



Sistemas de Tubería

Anexo 28

CATALOGO TÉCNICO DE LAS BOMBAS PEDROLLO



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **600 l/min** (36 m³/h)
- Altura manométrica hasta **39 m**

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **7 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+90 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C**
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba:
 - **6 bar** para HF 5-50-51
 - **10 bar** para HF 5M-70
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001: QUALITY
ISO 14001: ENVIRONMENT AND SAFETY

UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para utilizar en el sector civil y agrícola. Sus elevados rendimientos y la posibilidad de un funcionamiento continuo permiten el utilizo de estas electrobombas para la irrigación por gravedad, por asperción, para el bombeo del agua de lagos, ríos, pozos y para muchas otras aplicaciones industriales caracterizadas por la necesidad de tener caudales considerables con alturas medio bajas.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

EJECUCION BAJO PEDIDO

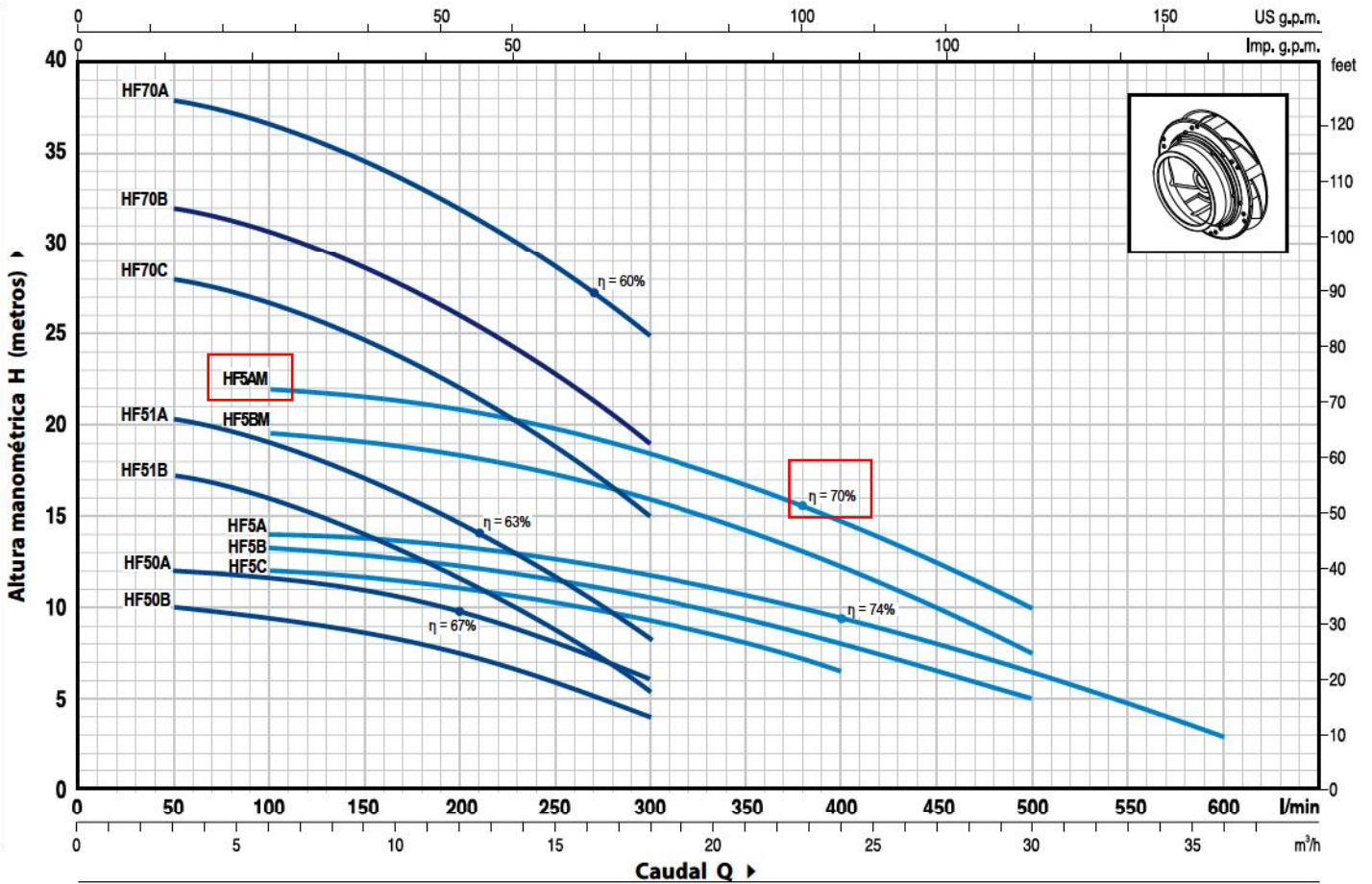
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para HF 70, HF 5BM, HF 5AM

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 1/min HS= 0 m



MODELO		POTENCIA		Q	H metros											
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	0	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75	10	10	9.5	8.5	7.5	6	4						
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85	12	12	11.5	11	9.6	8	6						
HFm 51A	HF 51A	0.75	1	18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4						
HFm 70C	HF 70C	1.1	1.5	21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4						
HFm 70B	HF 70B	1.5	2	29	28	26.5	24.5	22	18.5	15						
-	HF 70A	2.2	3	33	32	30.5	28.5	26	22.5	19						
HFm 5C	HF 5C	0.60	0.85	39	38	36.5	34.5	32	28.5	25						
HFm 5B	HF 5B	0.75	1	12.5	-	12	11.7	11	10.2	9.2	8	6.5				
HFm 5A	HF 5A	1.1	1.5	13.7	-	13.2	13	12.5	11.6	10.5	9.2	8	5			
HFm 5BM	HF 5BM	1.1	1.5	14.5	-	13.8	13.5	13.2	12.6	11.8	10.5	9.2	6.5	3		
HFm 5AM	HF 5AM	1.5	2	20.2	-	19.2	19	18	17	16	14	12	7.5			
				22.5	-	22	21.5	21	20	18.5	16.6	14.5	10			

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

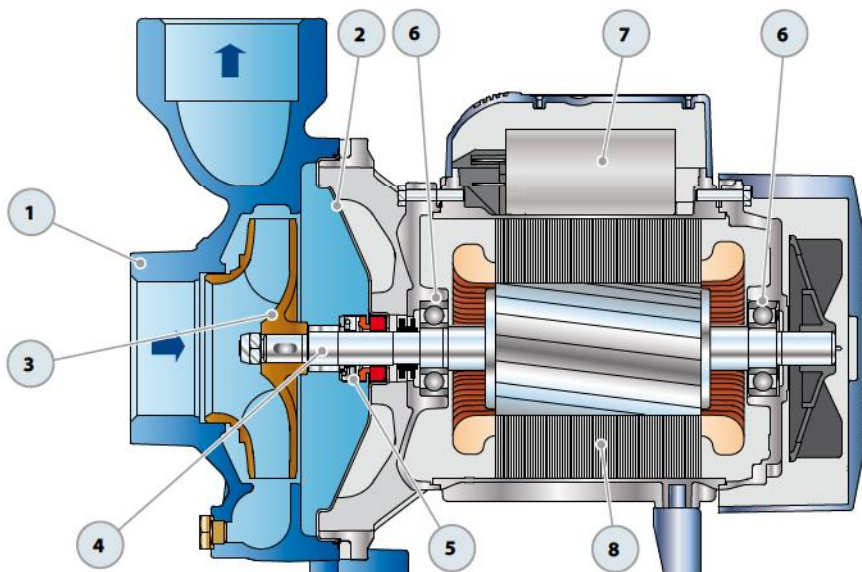
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grade 3.

POS.	COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido, con bocas roscadas ISO 228/1					
2	TAPA	Acero inoxidable AISI 304 (en hierro para HF 70-5M)					
3	RODETE	Latón					
4	EJE MOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5	SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales		
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>
		HF 50	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR
		HF 5-51	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR
		HF 5M-70	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR
6	RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
		HF 50	6201 ZZ / 6201 ZZ				
		HF 5-51	6203 ZZ / 6203 ZZ				
		HF 5M-70	6204 ZZ / 6204 ZZ				
7	CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
		<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>			
		HFm 50B	10 µF 450 VL	25 µF 250 VL			
		HFm 50A	14 µF 450 VL	25 µF 250 VL			
		HFm 51B	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		HFm 51A	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		HFm 70C	25 µF 450 VL	60 µF 250 VL			
		HFm 70B	45 µF 450 VL	80 µF 250 VL			
		HFm 5C	16 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		HFm 5B	20 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		HFm 5A	25 µF 450 VL	60 µF 300 VL			
		HFm 5BM	25 µF 450 VL	60 µF 250 VL			
		HFm 5AM	45 µF 450 VL	80 µF 250 VL			

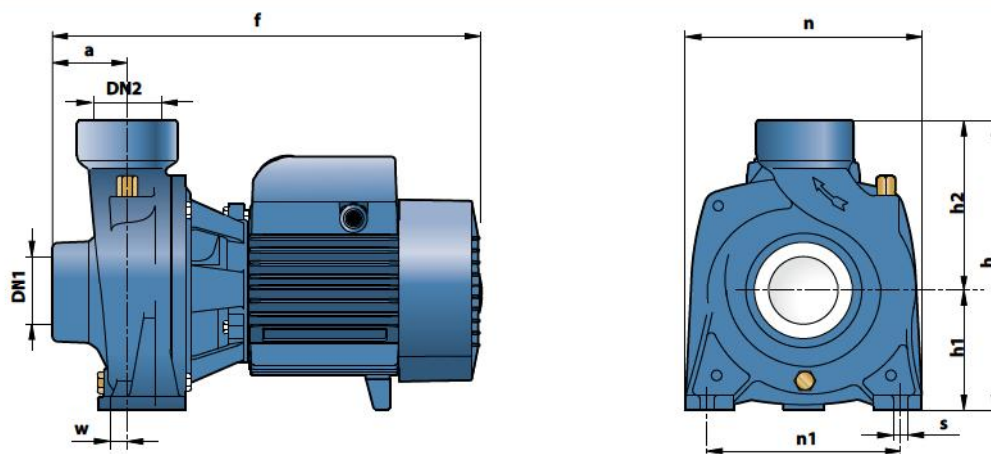
8 MOTOR ELECTRICO **HFm:** monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.
HF: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.

➔ **Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30)**

- Aislamiento: clase F.
- Protección: IP X4.



DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg				
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	1~	3~			
HFm 50B	HF 50B	1½"	1½"	42	265	200	82	118	166	135	-3	10	8.1	7.6			
HFm 50A	HF 50A			45	300	225	92	133	190	160	4		8.7	8.3			
HFm 51B	HF 51B			45	300	225	92	133	190	160	4		12.9	11.9			
HFm 51A	HF 51A			48.5	373	269	114	155	216	171	12	12	19.0	18.6			
HFm 70C	HF 70C			48.5	373	269	114	155	216	171	12	12	21.8	20.5			
HFm 70B	HF 70B			48.5	373	269	114	155	216	171	12	12	-	21.9			
HFm 5C	HF 5C	2"	2"	43	316	238	97	141	192	160	-68	10	14.5	13.3			
HFm 5B	HF 5B			43	316	238	97	141	192				160	-68	10	14.5	13.3
HFm 5A	HF 5A			51	386	260	110	150	206				160	1	11	15.3	14.9
HFm 5BM	HF 5BM			51	386	260	110	150	206				160	1	11	19.5	18.9
HFm 5AM	HF 5AM			51	386	260	110	150	206				160	1	11	22.0	20.9

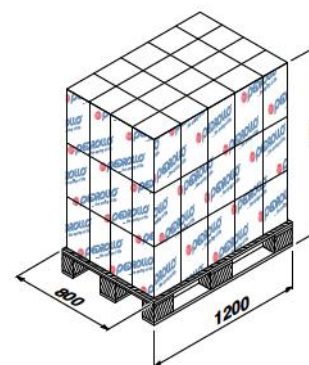
CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION (monofásica)		
	220 V	110 V	127 V
Monofásica	220 V	110 V	127 V
HFm 50B	2.5 A	5.0 A	4.7 A
HFm 50A	3.9 A	7.8 A	7.3 A
HFm 51B	4.6 A	9.2 A	8.6 A
HFm 51A	5.7 A	11.4 A	10.6 A
HFm 70C	8.0 A	16.0 A	14.9 A
HFm 70B	9.0 A	18.0 A	16.7 A
HFm 5C	4.2 A	8.4 A	7.8 A
HFm 5B	5.2 A	10.4 A	9.7 A
HFm 5A	6.5 A	13.5 A	12.6 A
HFm 5BM	7.4 A	14.8 A	13.8 A
HFm 5AM	10.2 A	20.5 A	19.1 A

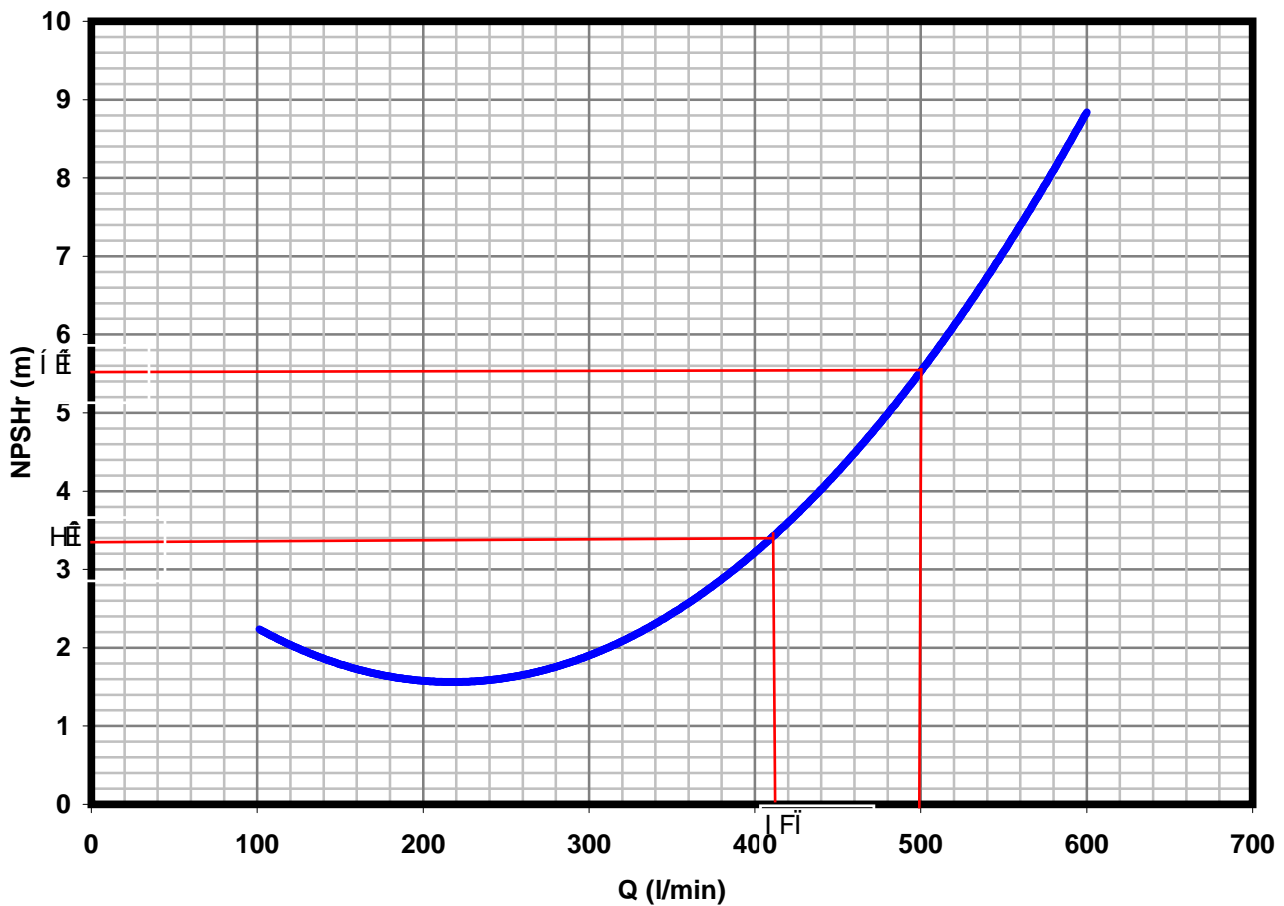
MODELO	TENSION (trifásica)				
	220 V	380 V	660 V	220 V	440 V
Trifásica	220 V	380 V	660 V	220 V	440 V
HF 50B	1.9 A	1.1 A	0.6 A	2.5 A	1.5 A
HF 50A	3.3 A	1.9 A	1.1 A	3.5 A	2.0 A
HF 51B	4.2 A	2.4 A	1.4 A	3.1 A	1.8 A
HF 51A	4.4 A	2.6 A	1.5 A	4.2 A	2.3 A
HF 70C	5.7 A	3.3 A	1.9 A	4.5 A	2.6 A
HF 70B	7.4 A	4.3 A	2.5 A	6.6 A	3.7 A
HF 70A	10.2 A	5.9 A	3.4 A	9.0 A	5.0 A
HF 5C	3.6 A	2.1 A	1.2 A	3.8 A	2.2 A
HF 5B	4.0 A	2.3 A	1.3 A	3.1 A	1.8 A
HF 5A	5.7 A	3.3 A	1.9 A	4.5 A	2.6 A
HF 5BM	5.9 A	3.4 A	2.0 A	4.8 A	2.8 A
HF 5AM	7.4 A	4.3 A	2.5 A	6.4 A	4.0 A

PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPAJE				PARA CONTAINER			
Monofásica	Trifásica	n° bombas	H (mm)	kg		n° bombas	H (mm)	kg	
				1~	3~			1~	3~
HFm 50B	HF 50B	75	1290	630	590	135	2210	1110	1050
HFm 50A	HF 50A	75	1290	670	640	135	2210	1190	1140
HFm 51B	HF 51B	70	1430	920	850	112	2200	1460	1350
HFm 51A	HF 51A	70	1430	930	860	112	2200	1480	1360
HFm 70C	HF 70C	36	1470	700	690	54	2130	1050	1020
HFm 70B	HF 70B	36	1470	800	760	54	2130	1200	1130
-	HF 70A	36	1470	-	810	54	2130	-	1200
HFm 5C	HF 5C	60	1540	890	820	84	2100	1240	1140
HFm 5B	HF 5B	60	1540	890	820	84	2100	1240	1140
HFm 5A	HF 5A	60	1540	940	910	84	2100	1300	1270
HFm 5BM	HF 5BM	50	1540	990	960	70	2100	1380	1340
HFm 5AM	HF 5AM	50	1540	1120	1060	70	2100	1560	1480



HF 5A È
TEST REPORT EN ISO 9906 Grade 3B



Tolerance of characteristic curves in compliance with EN ISO 9906 Grade 3.

The declared performances are valid for liquids with density $1,0 \text{ kg/dm}^3$ and kinematic viscosity $1 \text{ mm}^2/\text{s}$.

Approved by:

Enrico Vandin

Anexo 29

EXTRACTO DE LA NORMA UNE 171330-1 Y UNE 171330-12

“CALIDAD AMBIENTAL EN INTERIORES”

Julio 2008

TÍTULO

Calidad ambiental en interiores

Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior

Indoor air quality. Part 1: Indoor air quality diagnostic.

Qualité de l'air intérieur. Partie 1: Diagnostic de la qualité de l'air intérieur.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 171 *Calidad ambiental en interiores* cuya Secretaría desempeña AENOR.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE 171330-1

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 37934:2008

© AENOR 2008
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

27 Páginas

Grupo 14

ÍNDICE

	Página
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	4
2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	4
3 NORMAS PARA CONSULTA.....	5
4 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	5
5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DIAGNOSTICO	5
6 DESARROLLO	6
7 OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR	13
8 INFORME DE DIAGNÓSTICO INICIAL	14
ANEXO A (Informativo) FICHAS DE ASPECTOS AMBIENTALES EN INTERIORES.....	15

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de la presente norma es describir una metodología para la elaboración de un *Diagnostico Inicial de la Calidad y Salud Ambiental en Interiores*.

Dicho diagnostico tiene implicaciones en la prevención de riesgos ambientales para la salud en general, y en concreto para la salud pública en edificios e instalaciones urbanas.

El campo de aplicación de la norma son los *ambientes interiores* de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones, exceptuando aquellas que se destinan “exclusivamente” a la actividad desarrollada en procesos industriales y/o agrícolas.

Diciembre 2014

TÍTULO

Calidad ambiental en interiores

Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior

Indoor air quality. Part 2: Indoor air quality inspection procedures.

Qualité de l'air intérieur. Partie 2: Procédures de inspection de la qualité de l'air intérieur.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 171330-2:2009.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 171 *Calidad ambiental en interiores* cuya Secretaría desempeña AENOR.

EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE 171330-2

Índice

1	Objeto y campo de aplicación.....	4
2	Normas para consulta	4
3	Términos y definiciones.....	5
4	Símbolos y abreviaturas	5
5	Descripción del proceso de inspección	6
5.1	Parámetros mínimos y complementarios	6
5.2	Número de puntos de muestreo	7
5.3	Métodos de análisis y criterios de valoración	10
5.4	Criterios de conformidad de la calidad ambiental en interiores del edificio	12
5.5	Control de calidad	12
Anexo A (Informativo) Listado de parámetros complementarios y valores de referencia		14
Anexo B (Informativo) Lista de chequeo de la evaluación higiénica de sistemas		17

1 Objeto y campo de aplicación

El objeto de la presente norma es describir una metodología para la realización de una *Inspección de Calidad Ambiental en Interiores*.

Dicha inspección tiene implicaciones en la prevención de riesgos ambientales para la salud en general, y en concreto para la salud pública en edificios e instalaciones urbanas.

Esta norma describe la parte de valoración e inspección como continuación al proceso de diagnóstico descrito en la Norma UNE 171330-1, *Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior*, aportando la metodología a aplicar en la valoración de los aspectos ambientales mediante la inspección y toma de muestras de contaminantes del ambiente interior.

El campo de aplicación de la norma son los *ambientes interiores* de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones, exceptuando aquellas que se destinan "exclusivamente" a la actividad desarrollada en procesos industriales y/o agrícolas.

En principio, cualquier edificio puede ser inspeccionado, pero en la práctica, los edificios con problemas, posible edificio enfermo o problemas concretos de confort térmico, etc. deberían evaluar y tratar de solucionar sus posibles problemas antes de iniciar un proceso de inspección con el objetivo de obtener un certificado de inspección por parte de un organismo verificador.

En hospitales y centros sanitarios la calidad ambiental en interiores en "áreas críticas" estará regulada por la norma UNE 171340.

2 Normas para consulta

Los documentos que se citan a continuación son indispensables para la aplicación de esta norma. Únicamente es aplicable la edición de aquellos documentos que aparecen con fecha de publicación. Por el contrario, se aplicará la última edición (incluyendo cualquier modificación que existiera) de aquellos documentos que se encuentran referenciados sin fecha.

UNE 100012, *Higienización de sistemas de climatización.*

UNE 100030, *Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.*

UNE 171330-1, *Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.*

UNE 171330-3, *Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistemas de gestión de los ambientes interiores*

UNE 171340, *Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales.*

UNE-EN 13528-1:2003, *Calidad del aire ambiente. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales.*

UNE-EN 13779:2005, *Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.*

UNE-EN ISO 779, *Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros.*

UNE-EN ISO 7730, *Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.*

UNE-EN ISO 14644-1:2000, *Salas limpias y locales anexos. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire.*

Anexo 30

EXTRACTO DE LA NORMA UNE-EN 689:1996

**“ATMÓSFERAS EN EL LUGAR DE TRABAJO. DIRECTRICES PARA
LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN DE
AGENTES QUÍMICOS PARA LA COMPARACIÓN CON LOS VALORES
LÍMITES Y ESTRATEGIA DE LA MEDICIÓN”**

ICS 13.040.30

Descriptor: Aire, calidad, contaminación atmosférica, local de trabajo, exposición contaminante, compuesto químico, evaluación, valor máximo, medición, prevención de accidentes.

Versión en español

**Atmósferas en el lugar de trabajo
Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación
de agentes químicos para la comparación con los valores límite
y estrategia de la medición**

Workplace atmospheres. Guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy.

Atmosphères des lieux de travail. Conseils pour l'évaluation de l'exposition aux agents chimiques aux fins de comparaison avec des valeurs limites et stratégie de mesurage.

Arbeitsplatzatmosphäre. Anleitung zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber chemischen Stoffen zum Vergleich mit Grenzwerten und Meßstrategie.

Esta Norma Europea ha sido aprobada por CENELEC el 1995-02-17. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la Norma Europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta Norma Europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CENELEC en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CENELEC son los comités electrotécnicos nacionales de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

CENELEC
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 35 B-1050 Bruxelles

5 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL

5.1 Estrategia de la evaluación

5.1.1 Generalidades. El ciclo de trabajo y el lugar de trabajo considerados deben describirse como parte de la evaluación de la exposición laboral.

La evaluación de la exposición laboral se lleva a cabo en tres etapas:

- identificación de las exposiciones potenciales (lista de sustancias);
- determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo;
- evaluación de las exposiciones.

5.1.2 Identificación de las exposiciones potenciales. Un primer paso esencial para la identificación de las exposiciones potencialmente peligrosas consiste en la preparación de una lista de todos los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo. Esta lista incluiría las materias primas, impurezas, productos intermedios, productos finales, productos de reacción y subproductos, en la medida en que sean susceptibles de contribuir a la exposición.

Se deben seleccionar los valores límite apropiados y, en el caso de que no existan, se podrían utilizar otros criterios.

En el caso de un proceso que todavía no esté en funcionamiento, puede realizarse esta identificación parcialmente, utilizando los datos apropiados de que se disponga, pero será necesaria una confirmación posterior.

5.1.3 Determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo. En esta etapa se evalúan los procesos y los procedimientos de trabajo, con el fin de estimar la posible exposición a los agentes químicos, por medio de una revisión detallada de:

- las funciones del trabajo, es decir, las tareas;
- los ciclos y las técnicas del trabajo;
- los procesos de producción;
- la configuración del lugar de trabajo;
- las medidas y los procedimientos de seguridad;
- las instalaciones de ventilación y otras formas de control técnico;
- las fuentes de emisión;
- los períodos de exposición;
- la carga de trabajo;
- etc.

5.1.4 Evaluación de la exposición. La evaluación de la exposición, que conlleva la identificación de las exposiciones potenciales, los factores de exposición en el lugar de trabajo, y las interacciones entre ambos, requiere un enfoque estructurado, y puede llevarse a cabo en tres etapas:

- una estimación inicial;
- un estudio básico;
- un estudio detallado.

Anexo 31

NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN NTP: 936

**“AGENTES QUÍMICOS: EVALUACIÓN CUALITATIVA Y
SIMPLIFICADA DEL RIESGO POR INHALACIÓN (II). MODELO
COSHH ESSENTIALS”**

Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials

Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (II). COSHH Essentials model
Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (II). Modèle COSHH Essentials

Redactora:

Núria Cavallé Oller
Ingeniera Química

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES
DE TRABAJO

En la segunda nota técnica de esta serie de tres, se presenta el fundamento del modelo británico COSHH Essentials, que desde que fue publicado en 1999, ha sido ampliado con nuevas fichas de control y modificado en alguno de sus criterios. Posteriormente, ha sido adaptado al nuevo sistema de clasificación, etiquetado y envasado de agentes químicos de acuerdo con el Reglamento nº 1272/2008. Se incluyen en la Nota Técnica todos estos cambios. Esta Nota técnica y la anterior sustituyen a la 750.

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Esta NTP y la 935 sustituyen a la NTP 750. Complementada por las NTP 935 y 937

1. PRESENTACIÓN DEL MODELO “COSHH ESSENTIALS”

La normativa legal para la prevención del *riesgo por exposición a agentes químicos* en el Reino Unido se denomina COSHH (Control of Substances Hazardous to Health). La metodología cualitativa diseñada inicialmente para prestar apoyo a pequeños y medianos empresarios y también a técnicos de prevención para el cumplimiento de tal normativa, se denomina COSHH Essentials y es la que se expone en esta NTP.

Se trata de un modelo para determinar la medida de control adecuada a la operación que se está evaluando para reducir hasta un nivel aceptable el riesgo por inhalación de agentes químicos, y no propiamente para determinar el nivel de riesgo existente. Este es su punto más fuerte, puesto que proporciona soluciones de índole práctica en forma de numerosas “fichas de control”. Los niveles de control que se obtienen en este método (y que remiten a las fichas de control según el tipo de operación) corresponden a niveles de riesgo “potencial”, puesto que no intervienen las medidas de control existentes como variable de entrada del método.

En la página web del INSHT se ofrece un calculador para la aplicación de este modelo. Permite guardar y exportar a un fichero las operaciones y agentes introducidos así como los resultados de la evaluación del riesgo potencial. El enlace es: <http://riskquim.insht.es:86/riskquim/cb/>

2. ETAPAS Y VARIABLES

Las diferentes etapas y las variables que intervienen en el modelo se detallan en la figura 1 y se describen a continuación.

Variable 1: Peligrosidad según frases R o frases H

La peligrosidad de las sustancias, según lo indicado en las tablas 1A y 1B, se clasifica en cinco categorías, A, B, C, D y E de nivel creciente en función de las frases que figuran en su etiqueta y ficha de datos de seguridad.

Solamente se clasifican las frases referidas a riesgos toxicológicos puesto que los riesgos de accidente químico o incendio y explosión están fuera del alcance de esta metodología, y por lo tanto deben evaluarse aparte.

A	R36, R38, R65, R67 Cualquier sustancia sin frases R contenidas en los grupos B a E
B	R20/21/22, R68/20/21/22
C	R23/24/25, R34, R35, R37, R37/38, R39/23/24/25, R41, R43, R48/20/21/22, R68/23/24/25
D	R26/27/28, R39/26/27/28, R40, R48/23/24/25, R48/23/25, R48/24, R60, R61, R62, R63, R64
E	Mut. Cat. 3 R40*, R42, R45, R46, R49, R68*

*Antes de 1997 la frase R40 se utilizaba para identificar a los mutágenos de 3ª categoría según el RD363/1995. Posteriormente a 1997, estos pasaron a identificarse con la R68 y la R40 se asignó solamente a los cancerígenos de 3ª categoría. Se mantiene esta entrada en la tabla puesto que podrían existir agentes químicos todavía en uso que fueron adquiridos antes de 1997.

Tabla 1A. Clasificación de la peligrosidad de la agente según frases R

A	H303, H304, H305, H313, H315, H316, H318, H319, H320, H333, H336 Cualquier sustancia sin frases H contenidas en los grupos B a E
B	H302, H312, H332, H371
C	H301, H311, H314, H317, H318, H331, H335, H370, H373
D	H300, H310, H330, H351, H360, H361, H362, H372
E	H334, H340, H341, H350

Tabla 1B. Clasificación de la peligrosidad del agente según frases H

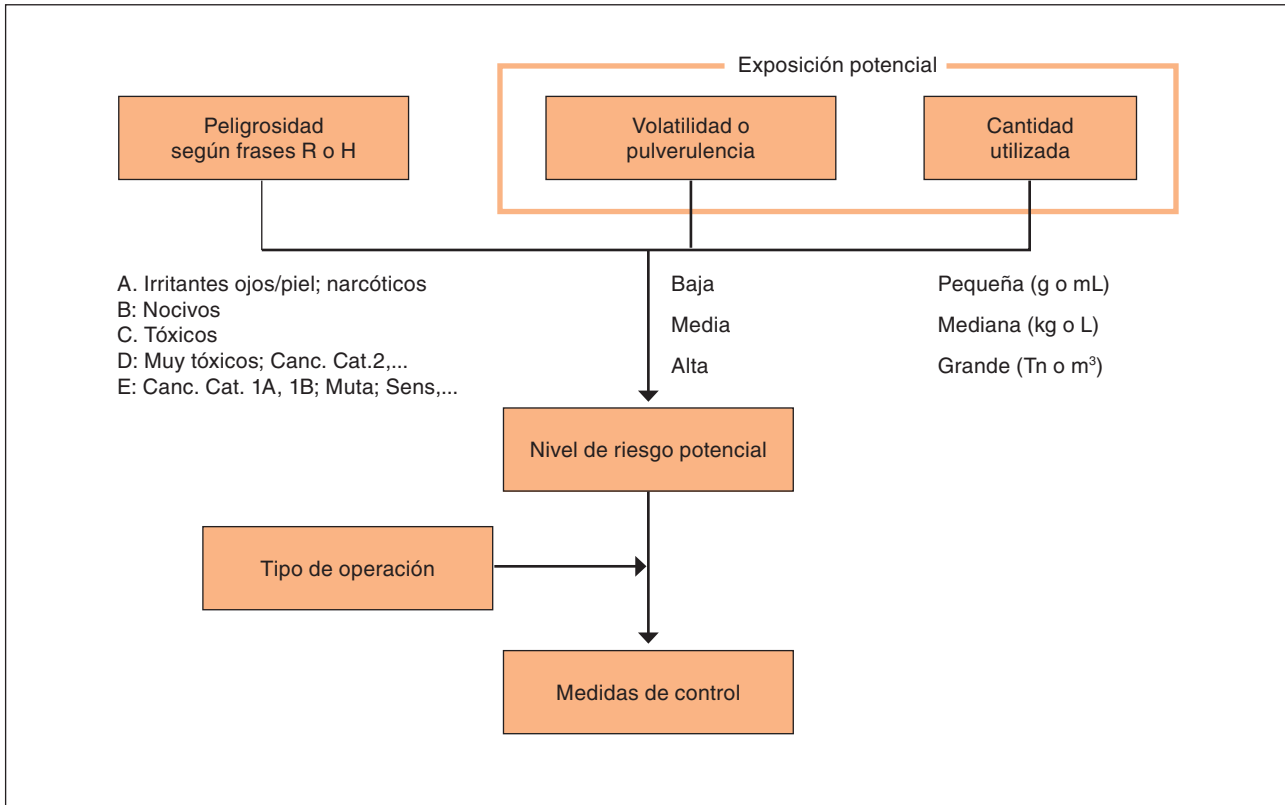


Figura 1. Etapas y variables del modelo COSHH Essentials

Cuando una sustancia tiene frases que corresponden a distintas categorías, siempre se clasifica la sustancia en la de mayor peligrosidad.

Además, algunas sustancias pueden presentar riesgos por contacto con la piel o las mucosas externas (tabla 2). Este modelo valora únicamente el riesgo por inhalación. Aún así la siguiente tabla permite identificar (no evaluar) el posible riesgo por contacto dérmico asignándole una categoría de riesgo S (*skin, piel*). En las Notas Técnicas de Prevención 895 y 896 se desarrollan metodologías de evaluación del riesgo por exposición dérmica.

R21	R27	R38	R48/24
R20/21	R27/28	R37/38	R48/23/24
R20/21/22	R26/27/28	R41	R48/23/24/25
R21/22	R26/27	R43	R48/24/25
R24	R34	R42/43	R66
R23/24	R35	R48/21	
R23/24/25	R36	R48/20/21	
R24/25	R36/37	R48/20/21/22	
	R36/38	R48/21/22	
	R36/37/38		

* Las cuatro columnas corresponden a peligrosidad creciente, aunque se trata sólo de la identificación del riesgo potencial, sin proseguir con la evaluación del riesgo.

Tabla 2. Agentes químicos peligrosos en contacto con la piel o los ojos*

Variable 2: Tendencia a pasar al ambiente

La tendencia a pasar al ambiente se clasifica en alta, media y baja y se mide, en el caso de líquidos, por su volatilidad y la temperatura de trabajo (figura 2), y en el de sólidos, por su tendencia a formar polvo cuando se manipulan (tabla 3).

COSHH Essentials, en su ámbito de aplicación, excluye explícitamente los agentes en estado gaseoso y los líquidos manipulados por encima de su punto de ebullición.

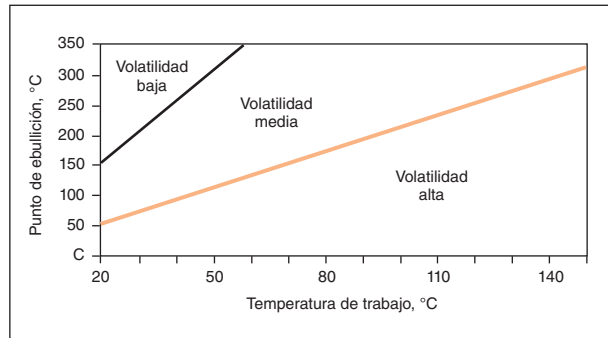


Figura 2. Niveles de volatilidad de los líquidos

Las 2 rectas definidas en este gráfico son:

$$T_{\text{ebull}} = 5 \cdot T_{\text{proc}} + 50$$

$$T_{\text{ebull}} = 2 \cdot T_{\text{proc}} + 10$$

donde:

T_{ebull} es la temperatura de ebullición del líquido a la presión atmosférica y

T_{proc} la temperatura a la que se desarrolla la operación evaluada.

Las disoluciones acuosas de sólidos se tratan como líquidos de baja volatilidad, aunque el punto de ebullición del agua conduce normalmente a la zona de volatilidad media. Para las disoluciones de sólidos en otros disolventes, como normal general se toma la volatilidad del disolvente.

Baja	Media	Alta
Sustancias en forma de granza (<i>pe-llets</i>) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia polvo durante su manipulación. Ejemplos: granza de PVC, escamas, pepitas, lentejas de sosa, etc.	Sólidos granulares o cristalinos. Se produce polvo durante su manipulación, que se deposita rápidamente, pudiéndose observar sobre las superficies adyacentes. Ejemplo: polvo de detergente, etc.	Polvos finos y de baja densidad. Cuando se emplean se observa que se producen nubes de polvo que permanecen en suspensión durante varios minutos. Ejemplos: cemento, negro de humo, yeso, etc.

Tabla 3. Tendencia de los sólidos a formar polvo

Variable 3: Cantidad de sustancia utilizada por operación

La *cantidad de sustancia* empleada se clasifica cualitativamente en pequeña, mediana o grande según lo indicado en la tabla 4.

Cantidad de sustancia	Cantidad empleada por operación
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

Tabla 4. Cantidad de sustancia utilizada (en orden de magnitud)

Ante operaciones que generan aerosoles, la exposición potencial (volatilidad+cantidad) puede ser más elevada que la obtenida mediante el punto de ebullición del prope-lente o la pulverulencia del sólido por lo que se estudiará el caso individualmente, tomando en caso de duda el criterio más preventivo.

3. RESULTADO: RIESGO POTENCIAL Y NIVEL DE CONTROL REQUERIDO

Las categorías elegidas de las tres variables descritas se cruzan mediante la tabla 5, que indica cuatro posibles niveles de riesgo potencial y sus respectivas acciones preventivas. Independientemente del nivel de riesgo obtenido serán siempre de aplicación los principios generales de prevención establecidos en el artículo 4 del RD 374/2001.

Las acciones a tomar después de categorizar el riesgo potencial se detallan en la NTP 872 y pueden resumirse del siguiente modo:

Riesgo potencial 1

En estas situaciones el control de la exposición podrá lograrse, normalmente, mediante el empleo de **ventilación general**.

En la Guía Técnica del RD 374/2001, se ofrece un criterio en función de la peligrosidad de los agentes químicos para determinar si el riesgo es leve. El modelo COSHH Essentials va algo más allá, e incorpora la cantidad utilizada o manipulada y la tendencia a pasar al ambiente del agente químico, para obtener un juicio sobre la misma cuestión.

Grado de peligrosidad	Volatilidad / Pulverulencia				
	Cantidad usada	Baja volatilidad o pulverulencia	Media volatilidad	Media	Alta volatilidad o pulverulencia
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande			2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	3	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4.				

Tabla 5. Determinación del nivel de riesgo potencial por exposición a agentes químicos

Nivel de peligrosidad		
A	B	C
Irritantes de la piel o los ojos y los que no tengan asignadas frases R de los otros grupos, para: cualquier pulverulencia o volatilidad	Nocivos por inhalación, contacto dérmico o ingestión, para: cualquier pulverulencia o volatilidad	Tóxicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel, irritantes de las vías respiratorias, para: volatilidad baja o pulverulencia baja o media

Tabla 6. Riesgo leve cuando la cantidad de agente químico utilizada por operación es pequeña (gramos o mililitros)

Es de destacar que si se expresa el riesgo leve en función de la cantidad (tal y como se menciona en el artículo 3.3 del RD 374/2001), de la tabla 5 se deduce que cuando la cantidad de agente químico utilizada o manipulada es baja, el riesgo siempre es leve para agentes del nivel de *peligrosidad A y B*. Para agentes de nivel de *peligrosidad C* también lo es cuando estos manifiestan poca tendencia a pasar al ambiente (baja volatilidad a la temperatura del proceso para líquidos, y pulverulencia baja o media para sólidos) (tabla 6). No es posible una situación de riesgo leve cuando se trata con agentes de nivel de peligrosidad D o E.

Riesgo potencial 2

En estas situaciones habrá que recurrir a medidas específicas de prevención para el control del riesgo (artículo 5 del RD 374/2001). El tipo de instalación más habitual para controlar la exposición a agentes químicos es la **extracción localizada**, para cuyo diseño y construcción es necesario, en general, recurrir a suministradores especializados. Es importante elegir el suministrador atendiendo a la experiencia demostrada en este tipo de instalaciones, así como especificar con claridad que el objetivo de la instalación es conseguir que en los puestos de trabajo la concentración de las sustancias químicas se encuentre por debajo del valor de concentración que se le especifique.

Riesgo potencial 3

En estas situaciones habrá que acudir al empleo de **confinamiento o de sistemas cerrados** mediante los cuales no exista la posibilidad de que la sustancia química pase a la atmósfera durante las operaciones ordinarias. Siempre que sea posible, el proceso deberá mantenerse a una presión inferior a la atmosférica a fin de dificultar el escape de las sustancias.

Riesgo potencial 4

Las situaciones de este tipo son aquellas en las que, o bien se utilizan sustancias muy tóxicas o bien se emplean sustancias de toxicidad moderada en grandes cantidades y con una capacidad media o elevada de pasar a la atmósfera. Hay que determinar si se emplean sustancias cancerígenas y/o mutágenas reguladas por el RD 665/1997 y sus dos modificaciones.

En estos casos es imprescindible adoptar medidas específicamente diseñadas para el proceso en cuestión recurriendo al asesoramiento de un experto. Este nivel de riesgo requiere normalmente la evaluación cuantitativa de la exposición, así como extremar la frecuencia de la verificación periódica de la eficacia de las instalaciones de control.

En cualquier caso las instalaciones implantadas deben ser mantenidas y verificadas periódicamente.

4. FICHAS DE CONTROL SEGÚN EL TIPO DE OPERACIÓN

El modelo COSHH Essentials ofrece más de 60 soluciones específicas para el control de la exposición según el nivel de riesgo obtenido y la operación en que se usa el agente (llenado de sacos, pesado, mezclado, desengrasado de metales, etc).

En 2003 se actualizó este modelo incorporándose otras 70 fichas específicas para 6 procesos: reparación de vehículos, industria del caucho, trabajo de la madera, servicios y comercio, fundiciones y panaderías. En cada proceso se distinguen distintas tareas, cada una con una ficha específica de control. Esto permite salvar, en estos casos, la limitación del método para ser aplicado con agentes que no son sustancias químicas comercializadas como tales (harina, humos de soldadura, etc) y que, en consecuencia, no disponen de frases R o H asignadas.

Además se publica y amplía periódicamente las fichas de medidas de control por sectores y dentro de ellos, sus operaciones específicas, que se puede consultar en:

<http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/index.htm>

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se desea evaluar el riesgo potencial de la operación de fabricación de un reactivo para la industria farmacéutica denominado DIS-A. Se trata de una disolución al 1% de la sustancia REACT-1 (líquido de punto de ebullición 200°C, y frases R 26/27/28) en sosa cáustica al 40 %. El proceso se realiza a temperatura ambiente (aunque es ligeramente exotérmico) y consiste en el vaciado de sacos de lentejas de sosa de 50 kg en un tanque de 150 litros con agitación mecánica (sistema abierto) hasta su completa disolución, y adición de REACT-1 envasado hasta el 1% de concentración (menos de 1 litro por operación). La operación se realiza de forma discontinua 12 veces al día, produciéndose 120 bidones de 5 litros de DIS-A por jornada. En la tabla 7 se muestra el resumen de los datos y la valoración del riesgo.

6. MODIFICACION DE LAS CATEGORÍAS DE PELIGROSIDAD

Con posterioridad a su primera publicación y probablemente fruto de algunas deficiencias observadas con la puesta en el mercado del modelo y su aplicación en muchos y diversos casos, se realizaron algunas matizaciones sobre la versión original de 1999. Estos cambios

OPERACION	TAREA	Nombre del agente	Frases R	Peligrosidad		Volatilidad / ulverulencia	Cantidad	Nivel de riesgo
				Tabla 1	Tabla 2	Fig. 3 o Tabla 3	Tabla 4	Tabla 5
Fabricación de Dis-A	Vaciado de sacos (NaOH)	NaOH (s)	R35	C	S	Baja pulverulencia	Media	2
	Agitación	NaOH 40% (dis)	R35	C	S	Baja volatilidad	Media	2
	Adición de REACT-1	REACT-1 (liq)	R26/27/28	D	S	Media volatilidad	Pequeña	3
Envasado	Llenado de bidones	Dis-A	R35, R23/24/25	C	S	Baja volatilidad	Media	2

Conclusiones: el modelo indica que, preferentemente, el proceso de mezcla se debería realizar en un sistema cerrado, con motivo de evitar la exposición a REACT-1 en la operación de adición (nivel de riesgo 3). Si esta solución no se considera factible, podría pensarse en un sistema cerrado de alimentación de REACT-1 al tanque de agitación que evitara la exposición a este agente. El resto de operaciones (vaciado de sacos de lentejas de sosa, agitación y llenado de bidones de DIS-A) podrían controlarse con extracción localizada (nivel de riesgo 2). Es necesario utilizar protección dérmica para evitar el contacto con estos agentes. La clasificación del producto final Dis-A se ha calculado según el procedimiento de cálculo para mezclas considerando la peligrosidad de sus componentes y su porcentaje.

Tabla 7. Proceso de preparación del producto DIS-A.

permiten una mayor intervención del técnico en el resultado de la evaluación. Se reproducen en este apartado y los siguientes.

Para algunas frases, como R37 (Irrita las vías respiratoria), el texto de la frase no detalla el grado del efecto, como si lo hacen otras frases como R20 a R28, por ejemplo, que manifiestan una gradación en la gravedad de los efectos. Lo mismo sucede con las frases R42, R43, R62, R63, y sus correspondientes frases H.

Las modificaciones descritas a continuación se basan en el uso información adicional, cuando se disponga de ella, para los agentes así etiquetados:

- Si el agente tiene asignada alguna de las frases R34, R35, R37, H314 o H335, **y ninguna frase que lo clasifique como C, D o E**, se recaba información sobre el valor límite ambiental en caso de que lo tiene asignado y se aplican los siguientes cambios:

Para sólidos:

- Si VLA-ED > 1 mg/m³ **y no hay otras frases que clasifiquen al agente como B**, se clasificará como A.
- Si VLA-ED > 0,1 mg/m³ (hasta 1 mg/m³), se clasificará como B.
- Si VLA-ED = 0,1 mg/m³ o inferior, no se aplica ninguna modificación.

Para líquidos o vapores:

- Si VLA-ED > 50 ppm, **y no hay otras frases que clasifiquen al agente como B**, se clasificará como A.
- Si VLA-ED > 5 ppm (hasta 50 ppm), se clasificará como B.
- Si VLA-ED = 5 ppm o inferior, no se aplica ninguna modificación.

- Si el agente tiene asignada alguna de las frases R62, R63, H361f, H361d o H361fd, **y ninguna frase que lo clasifique como D o E**, se recabará la siguiente información toxicológica:

- LOAEL (vía oral) en mg/kg/día
- LOAEL (vía dérmica) en mg/kg/día
- LOAEL (vía inhalatoria) en mg/l/6 h diarias
- El LOAEL (Nivel de menor efecto adverso observado)

se referirá a efectos de toxicidad reproductiva en el caso de R62 (H361f) y a efectos de toxicidad para el desarrollo para R63 (H361d).

Las posibles modificaciones son:

- Si todos los LOAEL disponibles son superiores a 50, 100 o 0,25 (respectivamente) y el agente no tiene otras frases que lo clasifiquen como C, clasificar como B.
- Si alguno de los LOAEL introducidos es inferior o igual a 50, 100 o 0,25, pero superior a 5, 10 o 0,025 respectivamente, clasificar como C.
- Si alguno de los LOAEL introducidos son inferiores o iguales a 5, 10 o 0,025 (respectivamente), no se aplica ninguna modificación.

Un agente puede tener asignadas las frases con modificación por VLA y por LOAEL simultáneamente. En ese caso, se adoptará el resultado más restrictivo.

7. REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POTENCIAL SEGÚN LA DURACIÓN DE LA OPERACIÓN

Si la duración de la exposición es inferior a 30 minutos diarios (resultantes de multiplicar el tiempo de duración de la operación por el número de veces que ésta se realiza durante una jornada estándar) puede reducirse un grado el nivel de riesgo potencial (y en consecuencia la rigurosidad de la medida preventiva necesaria).

La justificación se encuentra en la base técnica del modelo, que establece que entre niveles de medidas preventivas existe un factor de 10 en términos de concentración ambiental disponible, por lo que disminuir un grado el nivel de medida de prevención requerida, supone incrementar 10 veces la concentración ambiental. Una exposición de 30 minutos por jornada significa menos que una décima parte de la jornada de 8 horas (48 minutos), por lo que tal aproximación se considera suficientemente preventiva.

El modelo COSHH Essentials considera el punto de corte en 15 minutos. Se considera en esta NTP que en

la mayor parte de ocasiones un límite de 30 minutos será suficiente. En cualquier caso esta cuestión debe ser examinada por el técnico que realiza la evaluación en cada caso concreto.

Esta reducción del nivel de riesgo potencial no es aplicable de forma automática en el grupo 4 (para pasar a 3). El motivo es que no existen límites seguros de exposición para la mayoría de agentes que conducen a la clasificación como nivel 4 y el objetivo será siempre reducir al mínimo posible su nivel de exposición.

8. TRATAMIENTO DE LAS MEZCLAS

Cuando el agente evaluado es una mezcla o preparado la ficha de datos de seguridad incluye su clasificación final en la sección 2 y la clasificación y porcentaje de contenido de cada uno de sus componentes en la sección 3.

En estos casos es necesario que el técnico que realiza la evaluación sea conocedor de las propiedades peligrosas de cada componente y las evalúe de forma separada de acuerdo con las siguientes reglas:

- Si existe al menos un componente de categoría E de peligrosidad (sin considerar %), se clasificará como E.
- Si existe al menos un componente de categoría D (>0,05%) la mezcla se clasificará como categoría D.
- Si existe al menos un componente de categoría C (>0,5%) la mezcla se clasificará como categoría C.
- Si existe al menos un componente de categoría B (>10%) la mezcla se clasificará como categoría B.
- Si existe al menos un componente (a una concentración entre 0,1 y 0,5%) con las frases R43 o H317 (sensibilización dérmica), se aplicará la tabla 8.

Si no se da ninguna de las anteriores situaciones la mezcla o preparado se tratará según la información que figura en la sección 16 de su ficha de datos de seguridad.

Cantidad	Volatilidad o pulverulencia			
	Baja volatilidad o pulverulencia	Volatilidad media	Pulverulencia media	Alta volatilidad o pulverulencia
Pequeña	1	2	1	2
Media	1	2	2	2
Alta	2	3	3	3

Nótese que estas modificaciones afectan al nivel de riesgo potencial final (1 a 4) y no a la clasificación de la categoría de peligrosidad de la mezcla o preparado (A a E).

Tabla 8. Nivel de riesgo potencial de una mezcla o preparado cuando contiene al menos un componente etiquetado con R43 o H317 a una concentración entre 0,1 y 0,5%.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE nº 104 de 1.5.2001.

Real Decreto 665/1997 (modificado por Real Decreto 1124/2000 y Real Decreto 349/2003), de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE nº 124 de 24.5.1997

REGLAMENTO (CE) nº 1278/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP). DOUE L 353 de 31-12-2008.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN
Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.
 AENOR, 1996.

BROOKE, I M.
A UK Scheme to Help Small Firms Control Health Risks from Chemicals: Toxicological Considerations.
Ann Occup Hyg. Col 42, No, 6, pp 377-390, 1998.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE.

The technical basis for COSHH essentials: Easy steps to control chemicals. Health and Safety Executive. HSE Books 2009. Disponible en:
<http://www.coshh-essentials.org.uk/assets/live/CETB.pdf>

(4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica del Real Decreto 374/2001.
 INSHT, 2003.

(5) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica del Real Decreto 665/1997.
 INSHT, 2005.

(6) MAIDMENT, S C.

Occupational Hygiene Considerations in the Development of a Structured Approach to Select Chemical Control Strategies.
Ann Occup Hyg. Col 42, No, 6, pp 391-400, 1998.

Anexo 32

NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN NTP: 937

**“AGENTES QUÍMICOS: EVALUACIÓN CUALITATIVA Y
SIMPLIFICADA DEL RIESGO POR INHALACIÓN (II). MÉTODO
BASADO EN EL INRS”**

Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS

Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (III). INRS based method
Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (III). Méthode basé dans INRS

Redactores:

M^ª Encarnación Sousa Rodríguez
Licenciada en Ciencias Químicas

José N. Tejedor Traspaderne
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

En la NTP 750 (sustituida por NTP 935 y 936) se inició el estudio de las metodologías simplificadas de evaluación del riesgo por inhalación de agentes químicos y, en concreto, del modelo COSHH Essentials. Como continuación, en la NTP 872 se expusieron las medidas preventivas aplicables en función del nivel de riesgo potencial. En esta ocasión se presenta un método de evaluación que no está basado en un modelo de control banding y que parte del método desarrollado por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Presenta una serie de modificaciones con respecto al método original del INRS que pretenden que la evaluación sea más completa, es decir, que se realice en base a un mayor número de variables, sin aumentar por ello la complejidad de la misma.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha extendido el uso de metodologías simplificadas para evaluar el riesgo de exposición por inhalación a agentes químicos sin recurrir a costosas mediciones ambientales. Esto es posible porque el RD 374/2001 establece una excepción para las mediciones cuando el empresario sea capaz de demostrar claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección. Por lo tanto, si de la aplicación de un método simplificado se concluye que el riesgo es bajo, se podría decir que no serían necesarias tales mediciones. Por otra parte, en la etapa de "Estimación inicial" de la norma UNE-EN 689 también tienen cabida dichos métodos, ya que esta primera etapa de la norma contempla la evaluación de la situación de riesgo en base al análisis de una serie de variables que afectan a la concentración ambiental y otras relacionadas con el trabajador.

Este tipo de métodos son útiles para realizar un diagnóstico inicial de la situación de riesgo químico, siendo posible finalizar la evaluación cuando el riesgo sea bajo. En el resto de los casos habrá que adoptar medidas correctoras o realizar una evaluación detallada, a veces con mediciones ambientales. Además, aportan como ventaja que el análisis de los factores de riesgo se puede realizar de una forma sistemática, lo que aumenta la posibilidad de que distintas personas lleguen a la misma conclusión.

La evaluación simplificada del riesgo por inhalación de agentes químicos que se propone se realiza a partir de las siguientes variables:

- Riesgo potencial.
- Propiedades físico-químicas (la volatilidad o la pulverulencia, según el estado físico).

- Procedimiento de trabajo.
- Medios de protección colectiva (ventilación).
- Un factor de corrección (FC_{VLA}), cuando el valor límite ambiental (VLA) del agente químico sea muy pequeño, inferior a 0,1 mg/m³.

Para cada variable se establecen unas clases y una puntuación asociada a cada clase. La puntuación del riesgo se hace a partir de la puntuación obtenida para estas cuatro variables y el factor de corrección que sea aplicable. El esquema a seguir se encuentra en la figura 1.

El método original del INRS considera el peligro del agente químico, en lugar del riesgo potencial, porque la cantidad y la frecuencia ya se tienen en cuenta en un proceso previo que denominan jerarquización. Sin embargo, dado que en este procedimiento se aborda únicamente la evaluación del riesgo por inhalación se ha convenido emplear, para determinar el riesgo por inhalación, la variable riesgo potencial que engloba el peligro, la cantidad absoluta y la frecuencia de utilización. Además, se ha introducido un factor de corrección en función del VLA, que no se utilizaba en el procedimiento del INRS, para los agentes químicos que tienen un VLA muy bajo, inferior a 0,1 mg/m³, ya que en estos casos es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja, pudiéndose subestimar el riesgo.

Con independencia de aquellas situaciones en las que la legislación indica cuándo, cómo y dónde deben efectuarse mediciones ambientales para determinar la exposición, como ocurre con el amianto, existen una serie de casos en los que el procedimiento aquí descrito no es aplicable, tal es el caso de medicamentos y productos de

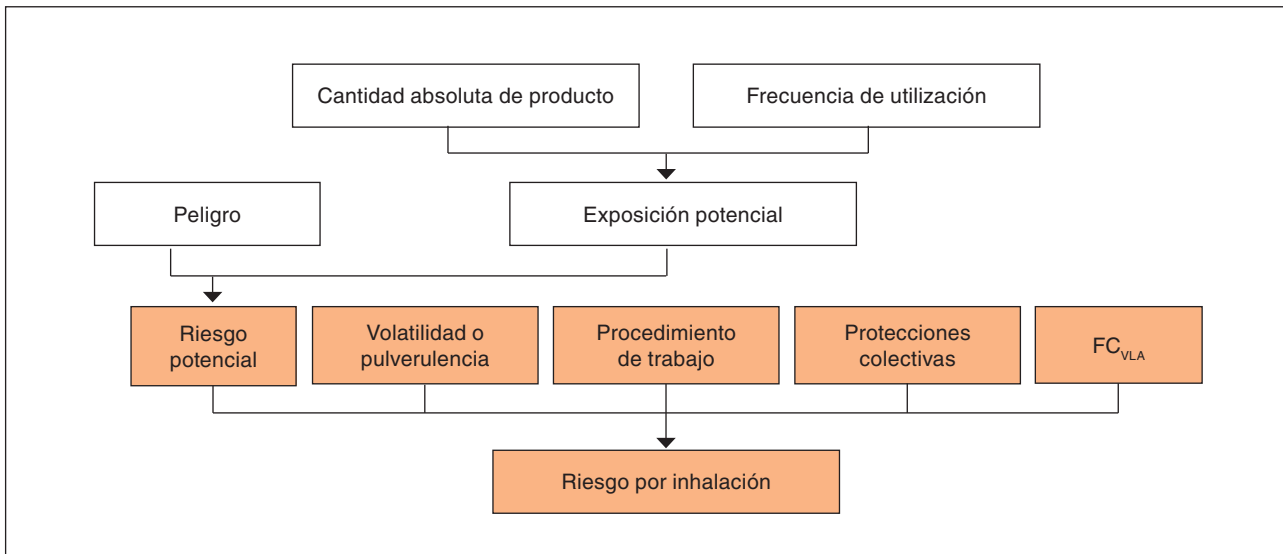


Figura 1. Esquema para la evaluación simplificada del riesgo por inhalación

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m ³ (1)	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación	> 100	
2	R37 R36/37, R37/38, R36/37/38 R67	H335 H336	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito Material de construcción / Talco Cemento / Composites Madera de combustión tratada Soldadura Metales-Plásticos Material vegetal-animal
3	R20 R20/21, R20/22, R20/21/22 R33 R48/20, R48/20/21, R48/20/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65 R68/20, R68/20/21, R68/20/22, R68/20/21/22	H304 H332 H361, H361d, H361f, H361fd H362 H371 H373 EUH071	> 1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas-vegetales Pinturas de plomo Mueles Arenas Aceites de corte y refrigerantes
4	R15/29 R23 R23/24, R23/25, R23/24/25 R29, R31 R39/23, R39/23/24, R39/23/25, R39/23/24/25 R40, R42 R42/43 R48/23, R48/23/24, R48/23/25, R48/23/24/25 R60, R61, R68	H331 H334 H341 H351 H360, H360F, H360FD, H360D, H360Df, H360Fd H370 H372 EUH029 EUH031	> 0,1 ≤ 1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo
5	R26, R26/27, R26/28, R26/27/28 R32, R39 R39/26 R39/26/27, R39/26/28, R39/26/27/28 R45, R46, R49	H330 H340 H350 H350i EUH032 EUH070	≤ 0,1	Amianto (2) y materiales que lo contienen Betunes y breas Gasolina (3) (carburante) Vulcanización Maderas duras y derivados (4)

(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10

(2) Posee legislación específica y requiere de evaluación cuantitativa obligatoria por ser cancerígeno.

(3) Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente.

(4) Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno.

Tabla 1.- Clases de peligro en función de las frases R o H, los valores límite ambientales y los materiales y procesos.

descomposición térmica. Este hecho puede ocurrir, por ejemplo, en el tratamiento térmico de plásticos (indicado, para algunos casos, con las notas “l” y “m” en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España); cuando se puedan formar nitrosaminas, porque existan productos precursores (indicados con la nota “f”) y agentes nitrosantes; cuando se puedan formar hidrocarburos policíclicos aromáticos; cuando se pueda formar fosgeno a partir de hidrocarburos clorados, etc.

2. DETERMINACIÓN DEL RIESGO POTENCIAL

Como se ha adelantado, el cálculo del riesgo potencial se hace a partir del peligro, la cantidad absoluta de agente químico y la frecuencia de utilización, según se indica en la figura 1. Este esquema es similar al utilizado por el INRS para la jerarquización de riesgos, con la diferencia de que aquí las cantidades que se utilizan son absolutas. El motivo de que se utilice la cantidad absoluta en lugar de la relativa es porque no se pretende jerarquizar el riesgo potencial, sino obtener una estimación semicuantitativa.

Clase de peligro

Las clases de peligro se establecen siguiendo los criterios de la tabla 1. Para asignar una clase de peligro a un agente químico es necesario conocer sus frases R o H. Cuando un producto, sustancia o mezcla, no tiene asignadas frases R o H, la atribución a una clase de peligro u otra se puede hacer a partir de los VLA expresados en mg/m³, dando preferencia a los valores límite de larga duración frente a los de corta duración.

En el caso de que tampoco tenga asignado ningún tipo de VLA:

- Si se trata de una sustancia, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si se trata de una mezcla o preparado comercial, se le asigna la clase de peligro 1.
- Si son mezclas no comerciales que vayan a ser empleadas en la misma empresa en otros procesos, se utilizarán las frases R o H de los componentes. Para no sobreestimar el riesgo se deben tener en cuenta las concentraciones de los componentes, tal y como se hace para las mezclas comerciales.

Para los materiales o productos comercializados no sujetos a la normativa de etiquetado, como son la madera, aleaciones, electrodos, etc., la clase de peligro se establece en función del agente químico emitido por el proceso. De esta forma, la clase de peligro se atribuye a partir de la última columna de la tabla 1.

Clase de exposición potencial

Se determina a partir de las clases de cantidad (tabla 2) y de frecuencia (tabla 3), según se indica en la tabla 4.

Clase de riesgo potencial y puntuación

A partir de las clases de peligro y de exposición potencial se determina la clase de riesgo potencial siguiendo el criterio de la tabla 5.

Una vez establecida la clase de riesgo potencial, ésta se puntúa de acuerdo con la tabla 6.

Clase de cantidad	Cantidad/día
1	< 100 g ó ml
2	≥ 100 g ó ml y < 10 Kg ó l
3	≥ 10 y < 100 Kg ó l
4	≥ 100 y < 1000 Kg ó l
5	≥ 1000 Kg ó l

Tabla 2. Clases de cantidad en función de las cantidades por día.

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30'	> 30 - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas
Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días
Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días
Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses
Clase →	1	2	3	4
0: El agente químico no se usa hace al menos un año. El agente químico no se usa más.				

Tabla 3.- Clases de frecuencia de utilización.

Clase de cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de frecuencia

Tabla 4. Determinación de las clases de exposición potencial.

Clase de exposición potencial						
5	2	3	4	5	5	
4	1	2	3	4	5	
3	1	2	3	4	5	
2	1	1	2	3	4	
1	1	1	2	3	4	
	1	2	3	4	5	Clase de peligro

Tabla 5.- Clases de riesgo potencial.

Clase de riesgo potencial	Puntuación de riesgo potencial
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Tabla 6. Puntuación para cada clase de riesgo potencial.

3. DETERMINACIÓN DE LA VOLATILIDAD O PULVERULENCIA

La tendencia del agente químico a pasar al ambiente se establece en función del estado físico. Para los sólidos se establecen tres clases de pulverulencia, según los criterios de la tabla 7.

Para los líquidos existen tres clases de volatilidad, en función de la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico siguiendo lo indicado en la figura 2. En caso de duda se debe optar por la categoría superior, para tomar la opción más desfavorable. Si el proceso se desarrolla a distintas temperaturas, para calcular la volatilidad debe usarse la temperatura más alta.

A los gases, a los humos y a los líquidos o sólidos en suspensión líquida que se utilicen en operaciones de pulverización (spraying) se les atribuye siempre clase 3.

Existen algunos agentes químicos que tienen una presión de vapor lo suficientemente grande como para poder estar presentes en el ambiente en forma de materia particulada y en forma de vapor simultáneamente, contribuyendo con cada una de ellas de forma significativa a la exposición. Estos compuestos están señalados con la nota "FIV" en el documento Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. En estos casos, la aplicación de éste o cualquier otro método simplificado puede subestimar el riesgo. Esto es frecuente en la apli-

Descripción del material sólido	Clase de pulverulencia
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (p.e. azúcar en polvo, harina, cemento, yeso...).	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (p.e. azúcar consistente cristalizada).	2
Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1

Tabla 7. Determinación de la clase de pulverulencia para los materiales sólidos.

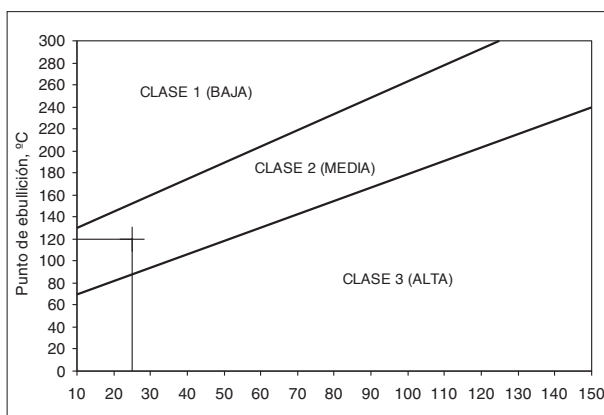


Figura 2. Establecimiento de las clases de volatilidad para líquidos.

cación de plaguicidas y, en general, en operaciones de pulverización (spraying) o en las que intervienen cambios de temperatura que puedan afectar al estado físico del agente en cuestión.

En estos casos, se calcula la volatilidad del compuesto como un sólido, es decir, teniendo en cuenta la pulverulencia, y como un líquido, utilizando en este caso la presión de vapor a la temperatura de trabajo, en lugar de la temperatura de ebullición y la temperatura de trabajo, y se considera la más alta de las dos. En la tabla 8 se muestra como asignar la clase de volatilidad en función de la presión de vapor, Pv.

Presión de vapor a la temperatura de trabajo	Clase de volatilidad
$P_v < 0,5 \text{ KPa}$	1
$0,5 \text{ KPa} \leq P_v < 25 \text{ KPa}$	2
$P_v \geq 25 \text{ KPa}$	3

Tabla 8. Clase de volatilidad en función de la presión de vapor

Cuando el producto a evaluar se trata de una mezcla susceptible de formar un azeótropo, se tomará esta temperatura como punto de ebullición. En caso contrario, se utilizarán los de los componentes de forma individual. Si se trata de una mezcla comercial, se toma como punto de ebullición el que se indique en la ficha de datos de seguridad (FDS). Si la FDS da un intervalo de destilación, se tomará la temperatura más baja.

En el caso de disoluciones, se toma como punto de ebullición el que se indique en la FDS. Si no se indicase, se puede tomar como punto de ebullición, el del disolvente.

En la tabla 9 se dan las volatilidades para los tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos más usuales

La clase de volatilidad o pulverulencia asignada a cada agente químico se puntúa siguiendo el criterio de la tabla 10.

Clase de volatilidad o pulverulencia	Puntuación de volatilidad o pulverulencia
3	100
2	10
1	1

Tabla 10. Puntuación atribuida a cada clase de volatilidad o pulverulencia.

4. DETERMINACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Otro de los parámetros que hay que considerar en la evaluación es el procedimiento de utilización del agente químico.

En la figura 3 se dan algunos ejemplos de estos sistemas, el criterio para asignar la clase de procedimiento y su correspondiente puntuación.

Proceso	Tipo	Componentes	Temperatura de trabajo	Volatilidad
Electrolisis cianurada	Cinc	Cloruro de cinc	20-50 ° C	1
Desengrase	Alcalino	Sales alcalinas de sodio	60-75 ° C 75-95 ° C	1 2
Decapado	Cobre	Ácido sulfúrico	50-70 ° C 70-85 ° C	1 2
Electropulido	Acero inoxidable	Ácido sulfúrico fosfórico	20-60 ° C 60-80 ° C	1 2
Electrolisis cianurada	Cadmio y cobre	Sales de cianuro e hidróxido sódico	45-70 ° C	1
Electrolisis ácida	Cinc	Cloruro de cinc	20-50 ° C	1
Desengrase	Disolventes clorados	Tricloroetileno y percloroetileno	85-120 ° C	2
Decapado	Aluminio	Crómico y sulfúrico Hidróxido sódico	60 ° C 60 ° C	2
Electrolisis ácida	Níquel	Sulfato de níquel	20-35 ° C	2
Decapado	Aluminio	Ácido nítrico	20-30 ° C	3
Decapado	Hierro y acero	Ácido clorhídrico	20 ° C	3
Electrolisis ácida	Cromo	Ácido crómico	30-60 ° C	3
Tratamiento superficie	Anodizado de aluminio	Ácido crómico y sulfúrico	35 ° C	3

Tabla 9. Asignación de la clase de volatilidad para algunos ejemplos de tratamientos químicos de superficie y baños electrolíticos.


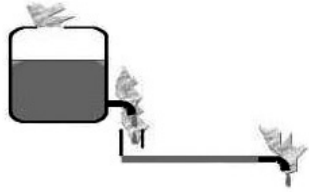
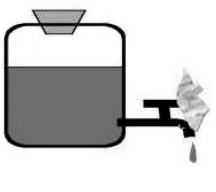
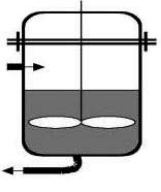
Dispersivo	Abierto	Cerrado/ abierto regularmente	Cerrado permanente
 <p>Ejemplos: Pintura a pistola, taladro, muela, vaciado de sacos a mano, de cubos... Soldadura al arco... Limpieza con trapos. Máquinas portátiles (sierras, cepillos...)</p>	 <p>Ejemplos: Conductos del reactor, mezcladores abiertos, pintura a brocha, a pincel, puesto de acondicionamiento (toneles, bidones...). Manejo y vigilancia de máquinas de impresión...</p>	 <p>Ejemplos: Reactor cerrado con cargas regulares de agentes químicos, toma de muestras, máquina de desengrasar en fase líquida o de vapor...</p>	 <p>Ejemplos: Reactor químico.</p>
Clase 4	Clase 3	Clase 2	Clase 1
Puntuación de procedimiento			
1	0,5	0,05	0,001

Figura 3. Determinación de la clase de procedimiento y puntuación para cada clase.

5. DETERMINACIÓN DE LA PROTECCIÓN COLECTIVA

En función de la protección colectiva utilizada se establecen cinco clases que se puntúan de acuerdo con lo indicado en la figura 4.

6. CORRECCIÓN EN FUNCIÓN DEL VLA

Según se ha indicado anteriormente, el procedimiento aplicado como se ha descrito hasta aquí, puede subes-

timar el riesgo cuando se aplica a sustancias que tienen un valor límite muy bajo, ya que es fácil que se llegue a alcanzar en el ambiente una concentración próxima al valor de referencia, aunque su tendencia a pasar al ambiente sea baja.

Por este motivo se hace necesario aplicar un factor de corrección, FC, en función de la magnitud del VLA, en mg/m³. En la tabla 11, se dan los valores de estos FC_{VLA}, en el caso de que el compuesto tenga VLA. Si el compuesto no tiene VLA, se considerará que el FC_{VLA} es 1.

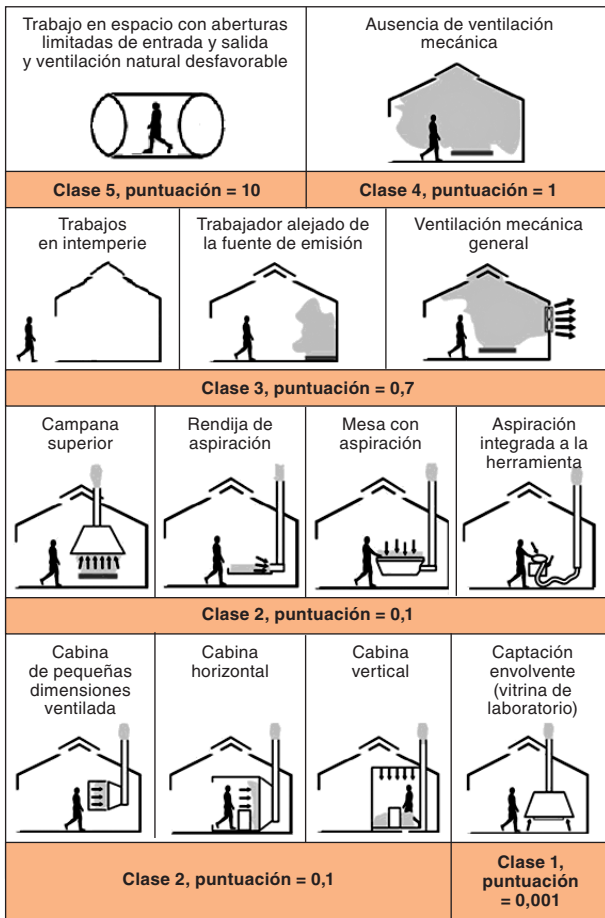


Figura 4. Determinación de las clases de protección colectiva y puntuación para cada clase.

VLA	FC _{VLA}
VLA > 0,1	1
0,01 < VLA ≤ 0,1	10
0,001 < VLA ≤ 0,01	30
VLA ≤ 0,001	100

Tabla 11. Factores de corrección en función del VLA.

7. CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN DEL RIESGO POR INHALACIÓN

Una vez que se han determinado las clases de riesgo potencial, de volatilidad, de procedimiento y de protección colectiva y que se han puntuado de acuerdo a los criterios anteriormente indicados, se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (P_{inh}) aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ pot} \cdot P_{volatilidad} \cdot P_{procedimiento} \cdot P_{protec.\ colec.} \cdot FC_{VLA}$$

Con esa puntuación se caracteriza el riesgo utilizando la tabla 12.

En el caso de riesgo moderado, se puede optar por implantar las medidas de control adecuadas, o corregir

las existentes, y volver a aplicar este procedimiento para ver si se ha logrado reducir el riesgo o, continuar la evaluación de acuerdo con la Norma UNE-EN 689, con la etapa de "Estudio Básico", para decidir si son necesarias medidas adicionales y mediciones periódicas. De cualquier forma, habrá que comprobar periódicamente el buen funcionamiento de las medidas de control.

8. CONCLUSIONES

La utilización de estos métodos simplificados no pretende sustituir ni eliminar la evaluación cuantitativa de los riesgos, pero sí nos permite retratar la situación de riesgo en la que nos encontramos y a la que habrá que hacer frente ya sea mediante la implantación de medidas de control o mediante una evaluación detallada. Sólo en aquellos casos en los que el riesgo sea bajo podremos dar por finalizada la evaluación tras la aplicación de los mismos. Además, presentan como ventaja frente a la evaluación con mediciones que son también aplicables a sustancias que no tienen establecido un VLA.

El método que se expone en esta NTP tiene en cuenta variables que no se consideran en otros métodos y que influyen considerablemente en la concentración de agente químico que pueda alcanzarse en el aire, como son el procedimiento de trabajo y los sistemas de ventilación existentes. Por otra parte, como se trata un método semicuantitativo, la puntuación puede ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo, si un contaminante da como resultado prioridad 2 con una puntuación muy cercana a 100, puede ser rentable la toma de muestras porque hay posibilidades de estar por debajo del VLA pero si por el contrario la puntuación fuera cercana a 1000, es muy improbable que esto suceda y puede decidirse tomar medidas correctoras inmediatas.

También es relativamente fácil saber cuáles han sido los motivos que llevan a una puntuación elevada, por lo que, en el caso de ser necesarias medidas correctoras, muchas veces bastará con saber qué variables han sido las determinantes para alcanzar la puntuación de riesgo, lo que ayuda en la toma de decisiones para implantar medidas de protección colectiva, cambios en el procedimiento etc.

Aunque estos métodos son relativamente sencillos de aplicar *a priori*, es recomendable que sea un higienista el que los maneje ya que su capacidad y conocimientos le van a conducir a una interpretación más exhaustiva de cada variable, aportando una mayor rigurosidad al método y a los resultados obtenidos.

Puntuación del riesgo por inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 y ≤ 1.000	2	Riesgo moderado. Necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Tabla 12. Caracterización del riesgo por inhalación.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006.

Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y modificaciones posteriores, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Norma UNE-EN 689:1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR 1996.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (INRS).

Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. ND 2233-200-05.

Disponible en [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/\\$file/nd2233.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/nd%202233/$file/nd2233.pdf)

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT).

Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. (Publicación anual).

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes cancerígenos o mutágenos.

Madrid. INSHT. 2005

ACGIH.

Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales.

Valencia. Generalitat Valenciana. 1992.

Anexo 33

**CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE
AGUA**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

1.- Fabricación de la Estructura de la cabina



2.- Fabricación del tanque superior



Fuente: (Autor)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

3.- Ensamble del panel guía de la cortina de la estructura de la cabina



4.- Fabricación del tanque inferior



Fuente: (Autor)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

5.- Ensamble de los tres módulos de la estructura de la cabina



6.- Prueba de fugas de agua en el tanque inferior



Fuente: (Autor)



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

7.- Instalación de bomba centrífuga y accesorios



8.- Pruebas de funcionamiento de la cortina de agua





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

9.- Pruebas de funcionamiento de la cortina de agua



10.- Instalación de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico



Fuente: (Autor)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

11.- Instalación de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico



12.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico



Fuente: (Autor)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN DISEÑO MECÁNICO SEGUNDA COHORTE



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

13.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico



14.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico



Fuente: (Autor)



CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

15.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico



16.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico - Fabricación del tanque inferior





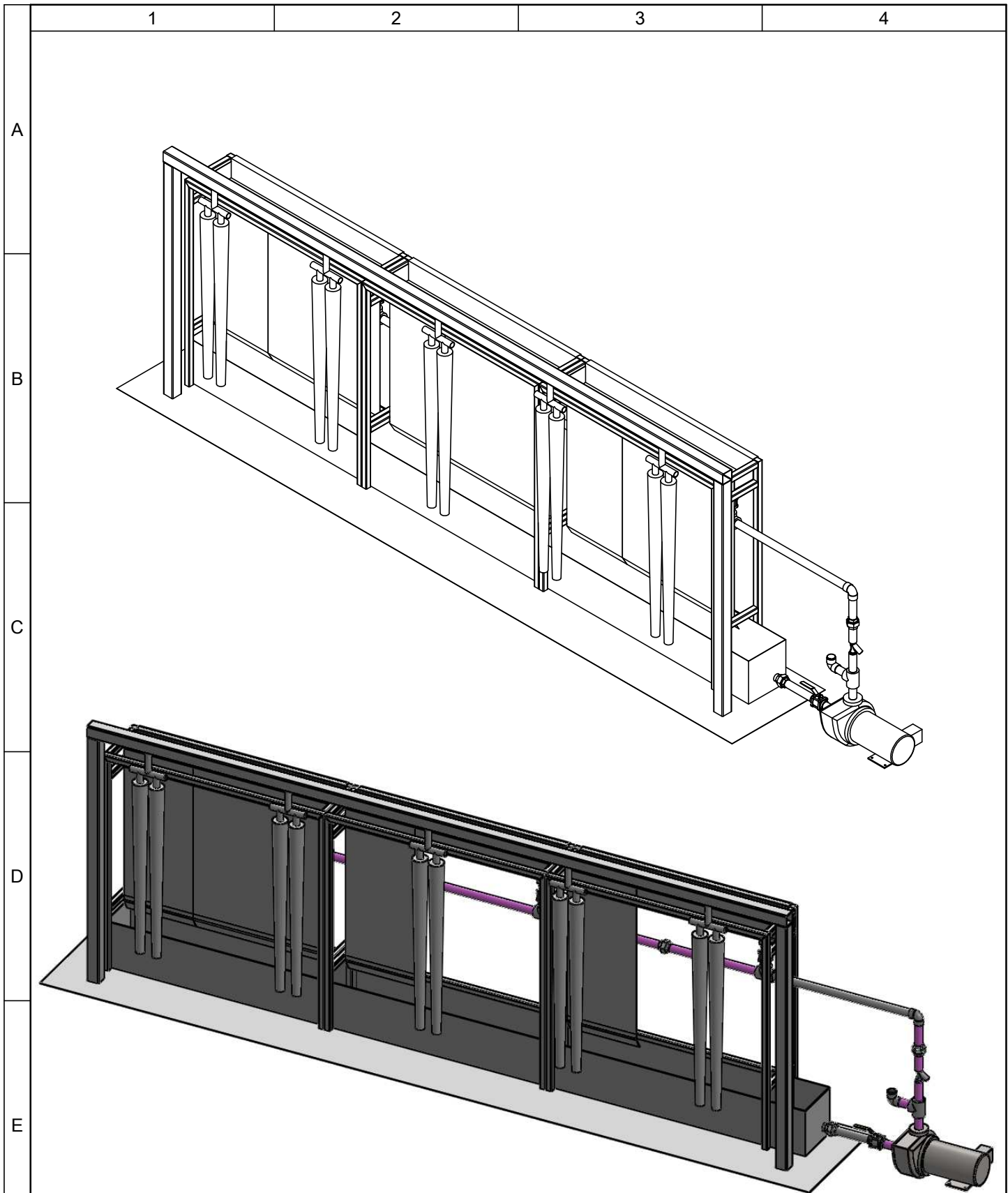
CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA CABINA CON CORTINA DE AGUA

17.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico

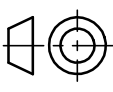


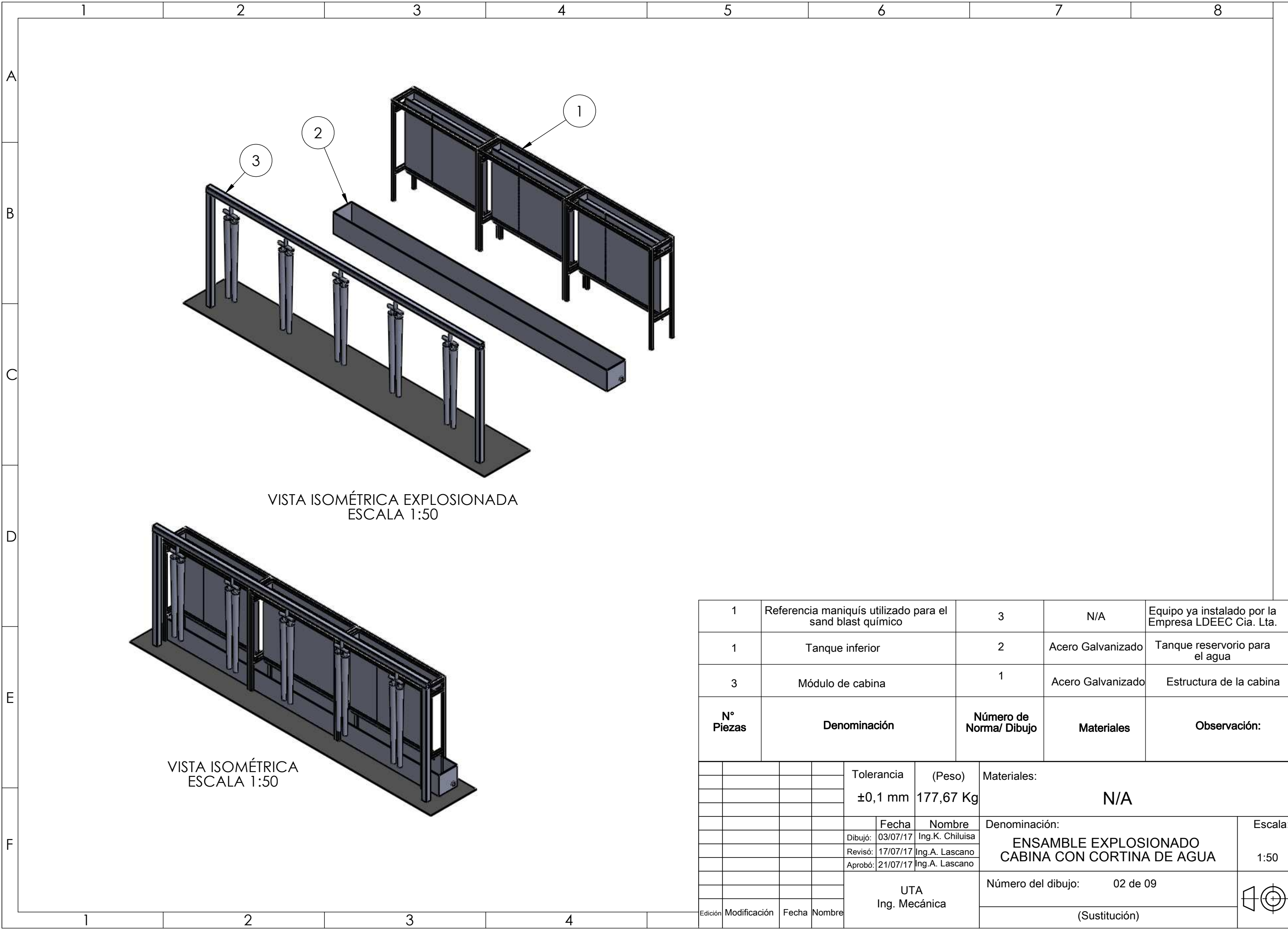
18.- Funcionamiento de la cabina con cortina de agua en el área de Sand Blast químico





CABINA CON CORTINA DE AGUA CON SU SISTEMA DE TUBERÍA

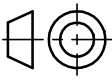
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	N/A	N/A	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 03/07/17	Ing. K. Chiluisa	CABINA CON CORTINA DE AGUA	1:40
				Revisó: 17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó: 21/07/17	Ing. A. Lascano		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 01 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

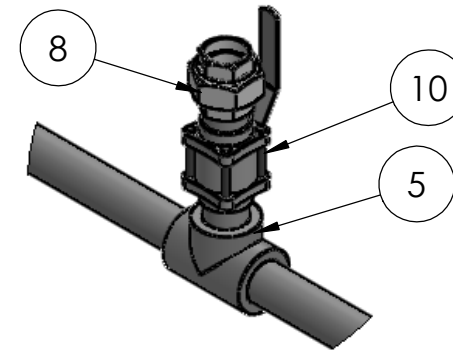
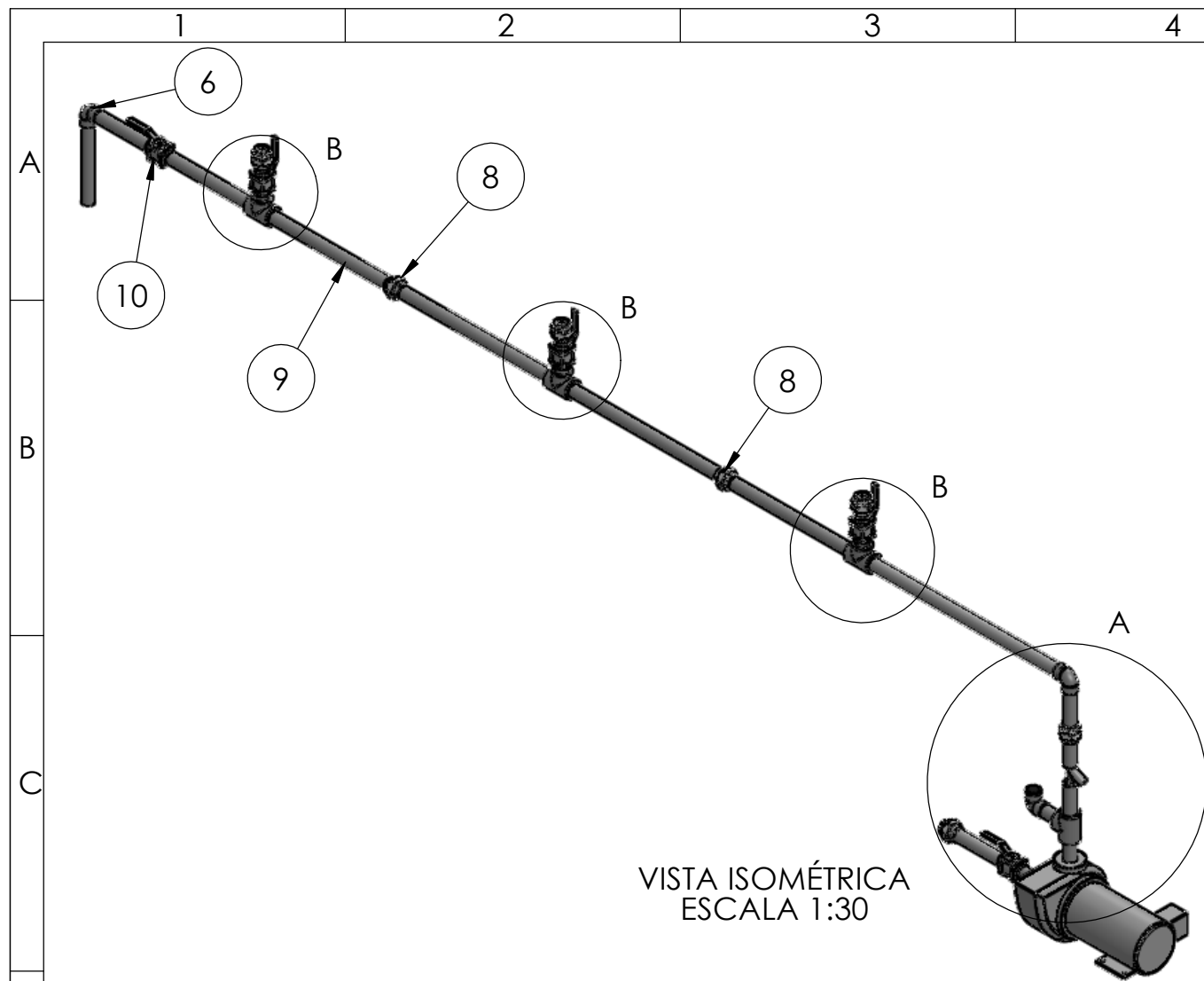


VISTA ISOMÉTRICA EXPLOSIONADA
ESCALA 1:50

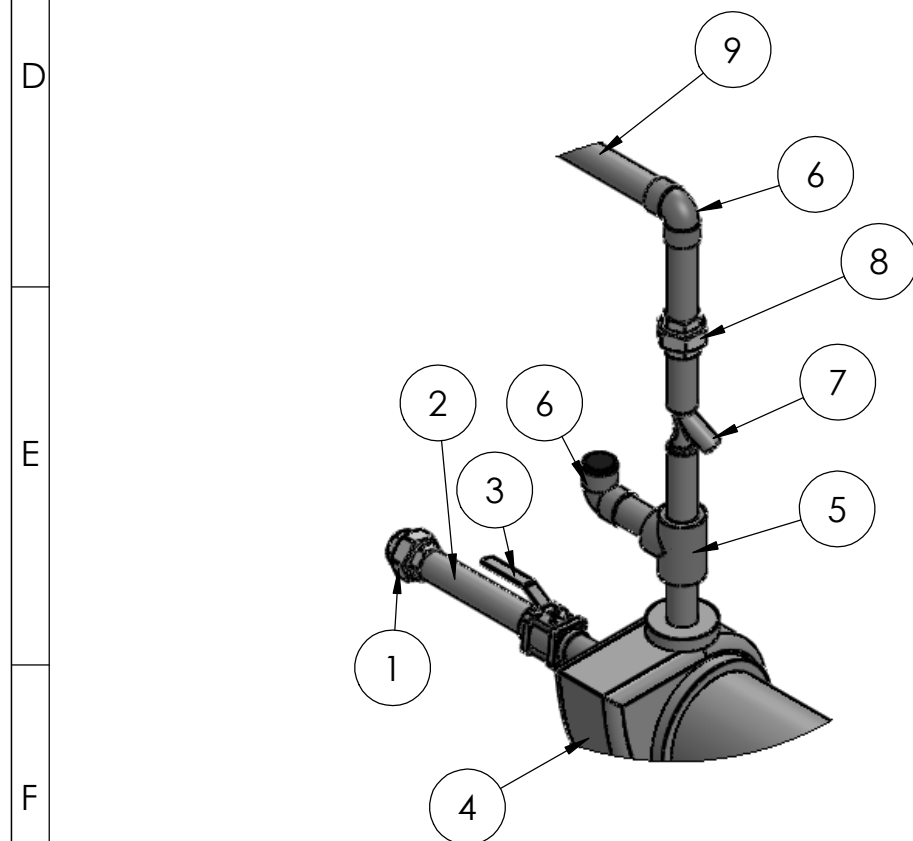
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:50

1	Referencia maniquís utilizado para el sand blast químico	3	N/A	Equipo ya instalado por la Empresa LDEEC Cia. Ltda.
1	Tanque inferior	2	Acero Galvanizado	Tanque reservorio para el agua
3	Módulo de cabina	1	Acero Galvanizado	Estructura de la cabina
N° Piezas	Denominación	Número de Norma/ Dibujo	Materiales	Observación:
			Tolerancia ±0,1 mm	(Peso) 177,67 Kg
			Materiales: N/A	
			Fecha 03/07/17	Nombre Ing.K. Chiluisa
			Revisó: 17/07/17	Ing.A. Lascano
			Aprobó: 21/07/17	Ing.A. Lascano
			Denominación: ENSAMBLE EXPLOSIONADO CABINA CON CORTINA DE AGUA	
			Escala: 1:50	
			Número del dibujo: 02 de 09	
			(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica





DETALLE B
ESCALA 1 : 10

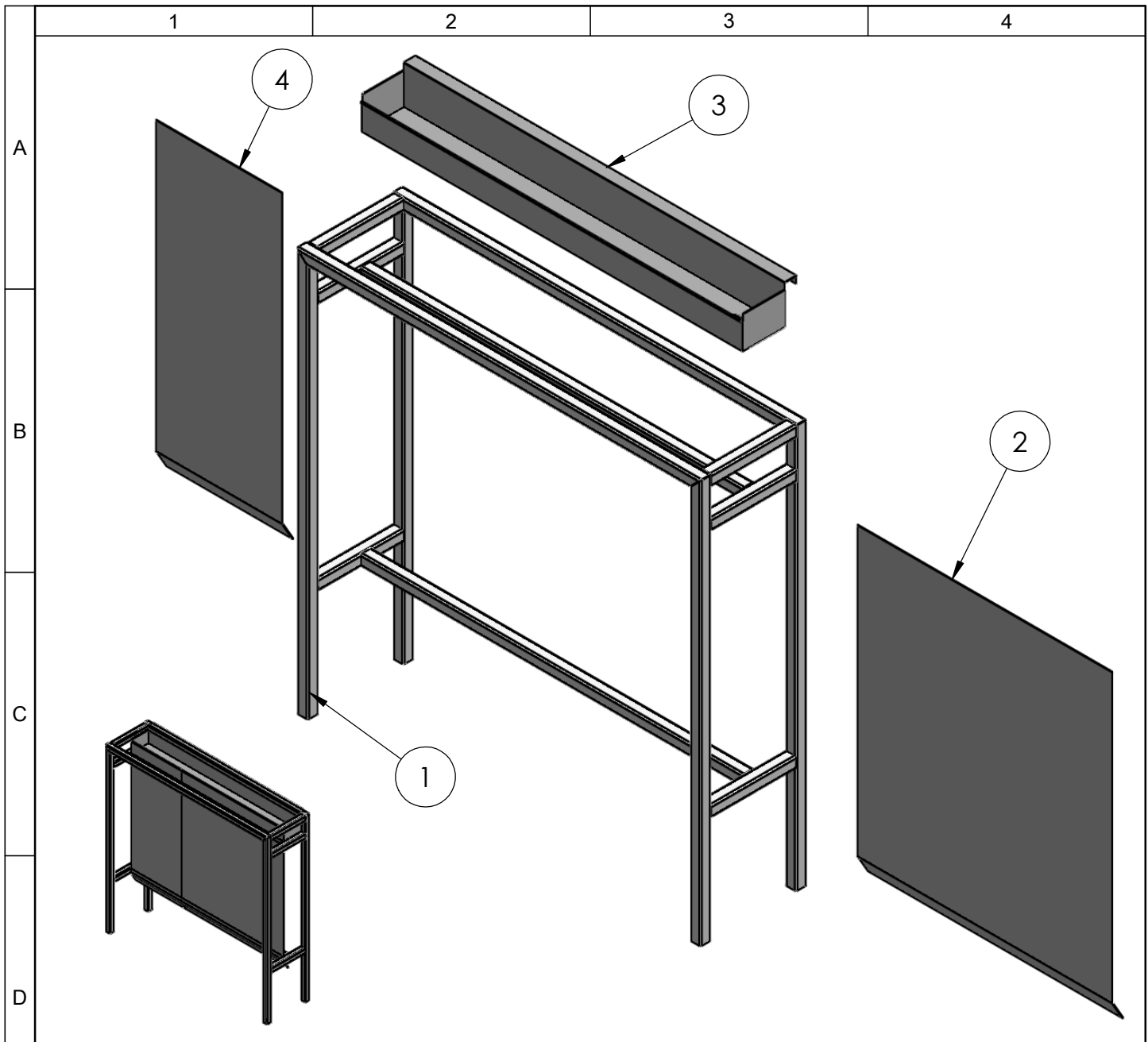


DETALLE A
ESCALA 1 : 15

N° Piezas	Denominación	Número de Norma/ Dibujo	Materiales	Observación:
4	Válvula de compuerta roscable, $\phi=2''$	10	N/A	Línea de descarga
1	Tubería Cédula 80, $\phi=2''$	9	PVC	Línea de descarga
6	Unión universal roscable, $\phi=2''$	8	N/A	Línea de descarga
1	Válvula check (de retención), $\phi=2''$	7	N/A	Línea de descarga
3	Codo 90° roscable, $\phi=2''$	6	PVC	Línea de descarga
4	Tee 90° roscable, $\phi=2''$	5	PVC	Línea de descarga
1	Bomba centrífuga industrial, 25m ³ /h	4	N/A	Succión y descarga
1	Válvula de compuerta roscable, $\phi=2''$	3	N/A	Línea de succión
1	Tubería Cédula 80, $\phi=2''$	2	PVC	Línea de succión
1	Unión universal roscable, $\phi=2''$	1	N/A	Línea de succión

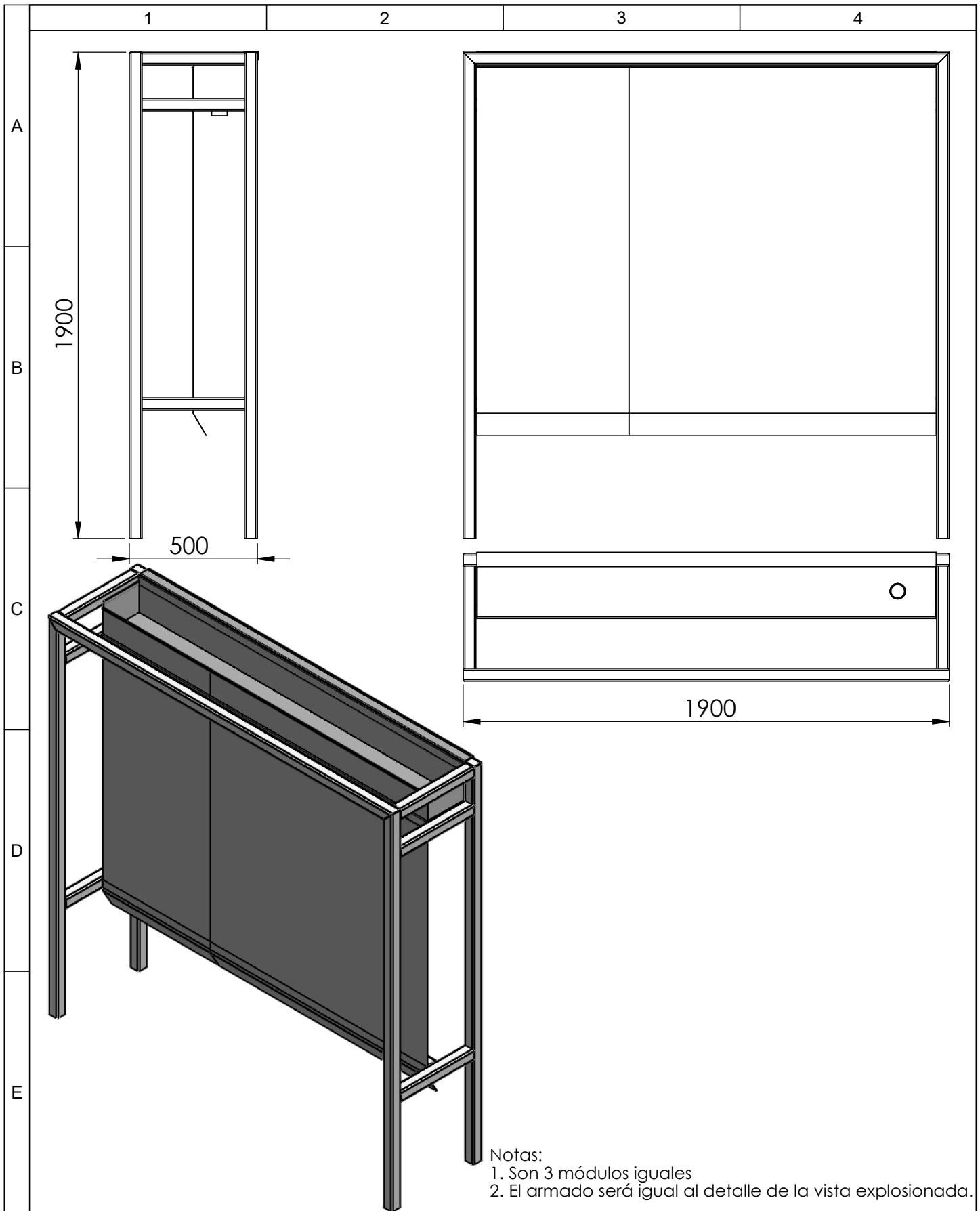
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1 \text{ mm}$	N/A	N/A	
					Fecha	Nombre	Denominación: ENSAMBLE SISTEMA DE TUBERÍA
				Dibujó:	03/07/17	Ing.K. Chiluisa	
				Revisó:	17/07/17	Ing.A. Lascano	
				Aprobó:	21/07/17	Ing.A. Lascano	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





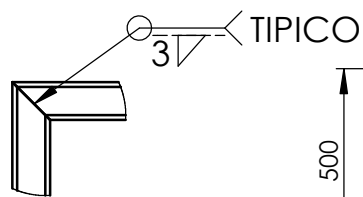
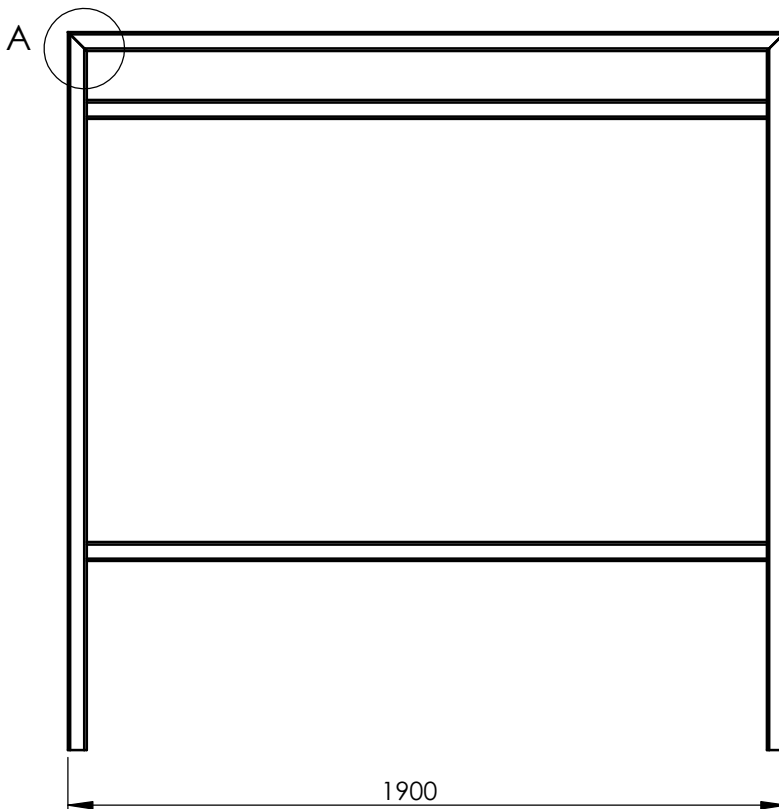
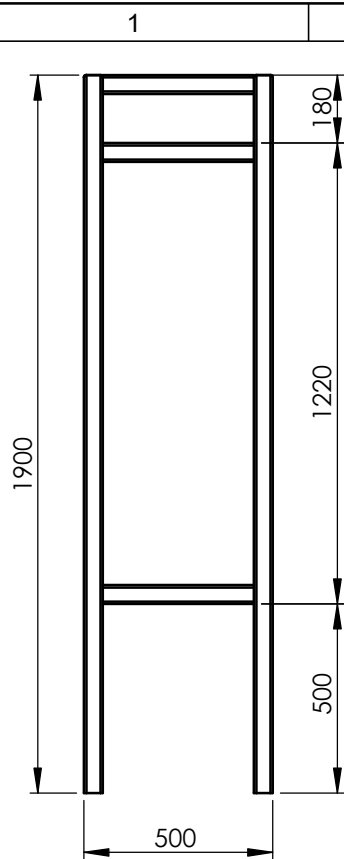
1	Tool cortina 2	4	ASTM A653-G40	Atornillado
1	Tanque superior	3	ASTM A653-G40	Apoyado estructura
1	Tool cortina 1	2	ASTM A653-G40	Atornillado
1	Estructura cabina	1	ASTM -A500	Estructura soldada
N° Piezas	Denominación	Número de Norma/ Dibujo	Materiales	Observación:

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	54,22 kg	INDICADAS	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 03/07/17	Ing. K. Chiluisa	MODULO EXPLOSIONADO	
				Revisó: 17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó: 21/07/17	Ing. A. Lascano		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	04 de 09
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	
						Escala: 1:20	

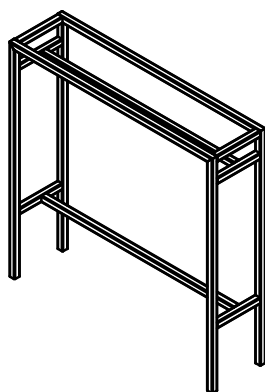
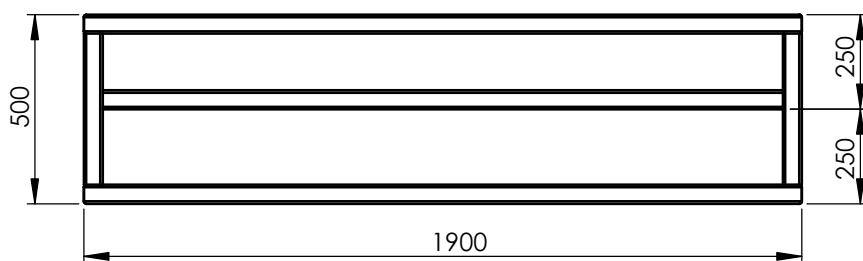


Notas:
 1. Son 3 módulos iguales
 2. El armado será igual al detalle de la vista explosionada.

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	54,22 kg	ASTM A500 Y ASTM A653	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 03/07/17	Ing. K. Chiluisa	MODULO ESTRUCTURA	1:20
				Revisó: 17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó: 21/07/17	Ing. A. Lascano		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 05 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



DETALLE A
ESCALA 1 : 10

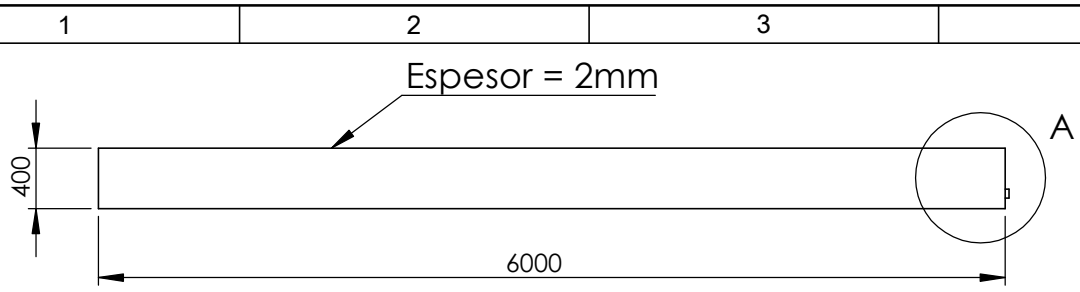


VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:50

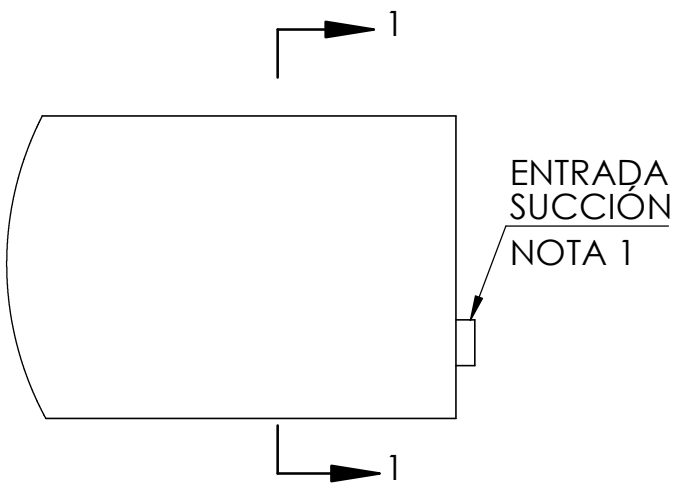
N.º	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA	1900x1900	1
2	TUBO □ 50 x 50 x 2	1900	4
3	TUBO □ 50 x 50 x 2	1900	2
4	TUBO □ 50 x 50 x 2	400	6
5	TUBO □ 50 x 50 x 2	1800	2

Nota: La fabricación de esta estructura será de 3 módulos en total

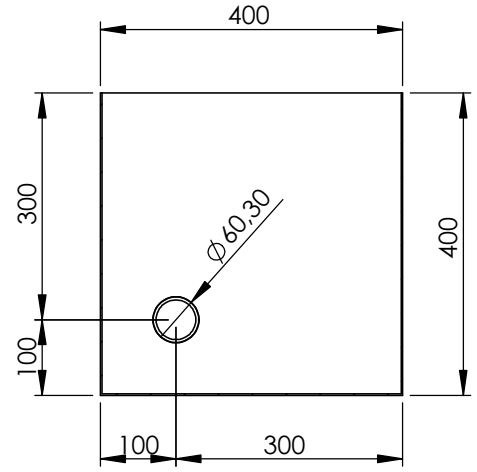
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	49,34 kg	ASTM -A500	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	03/07/17	Ing. K. Chiluisa		
			Revisó:	17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó:	21/07/17	Ing. A. Lascano	ESTRUCTURA CABINA
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 06 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



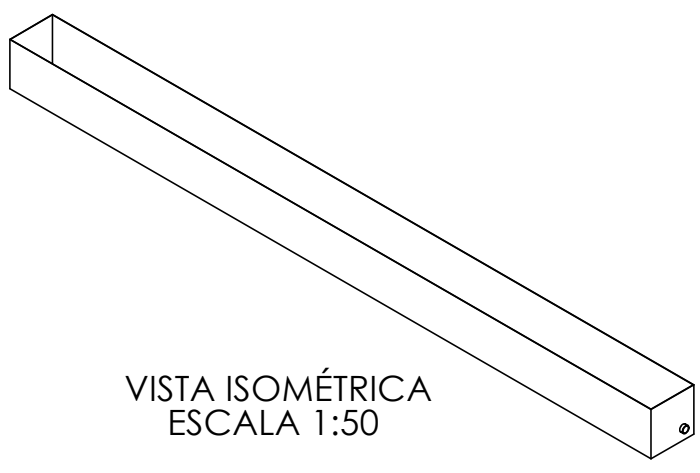
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:50



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



SECCIÓN 1-1
ESCALA 1 : 10



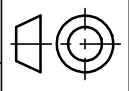
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:50

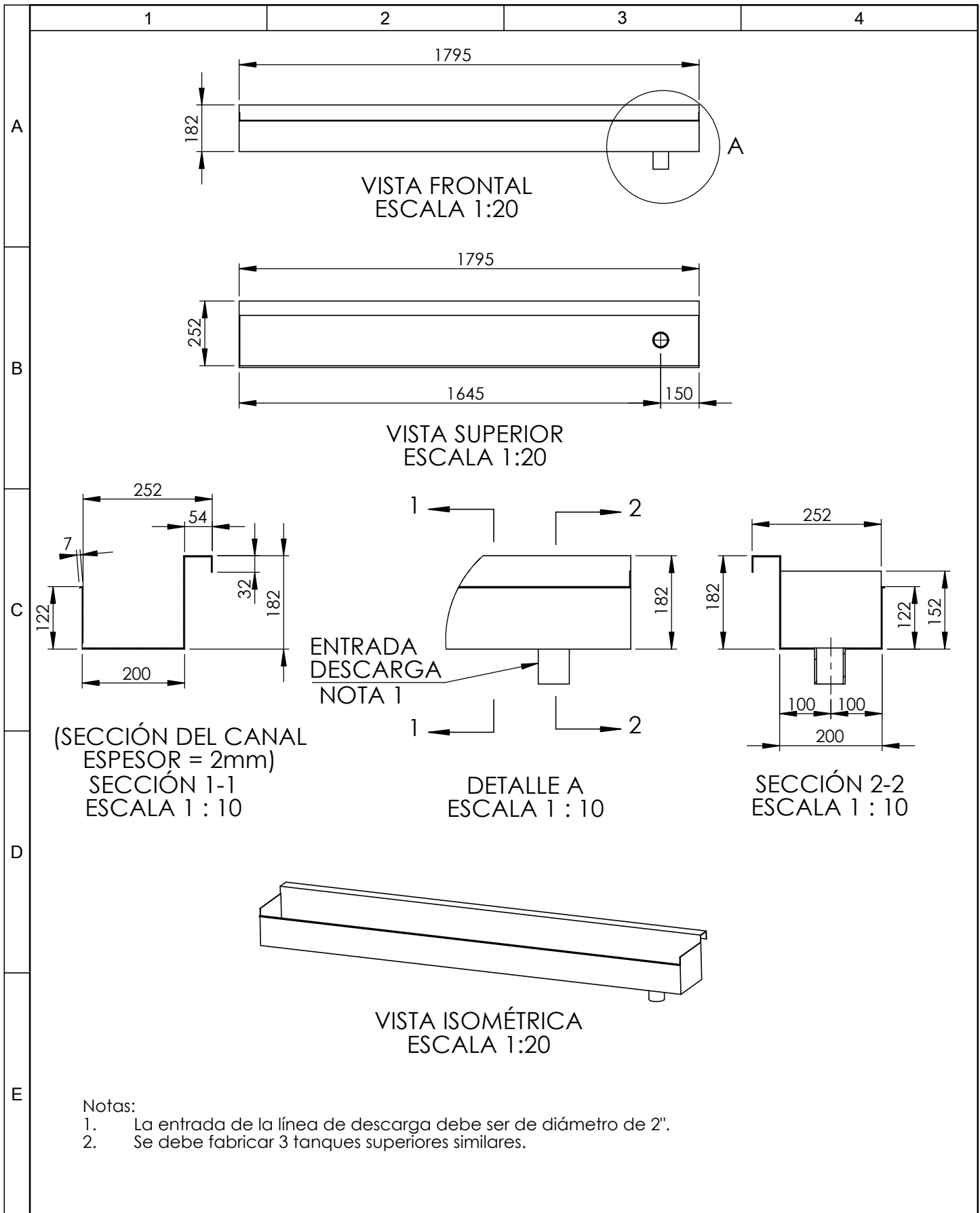
Notas:

1. La entrada para la línea de succión debe ser de diámetro de 2".
2. El tanque tendrá una tubería de diámetro de 2", para desagüe del agua, el mismo que será ubicado de acuerdo a las especificaciones del cliente.

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	15,01kg	ASTM A653 -G40	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	03/07/17	Ing. K. Chiluisa		
			Revisó:	17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó:	21/07/17	Ing. A. Lascano	INDICADAS
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 07 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

TANQUE INFERIOR

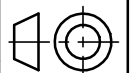


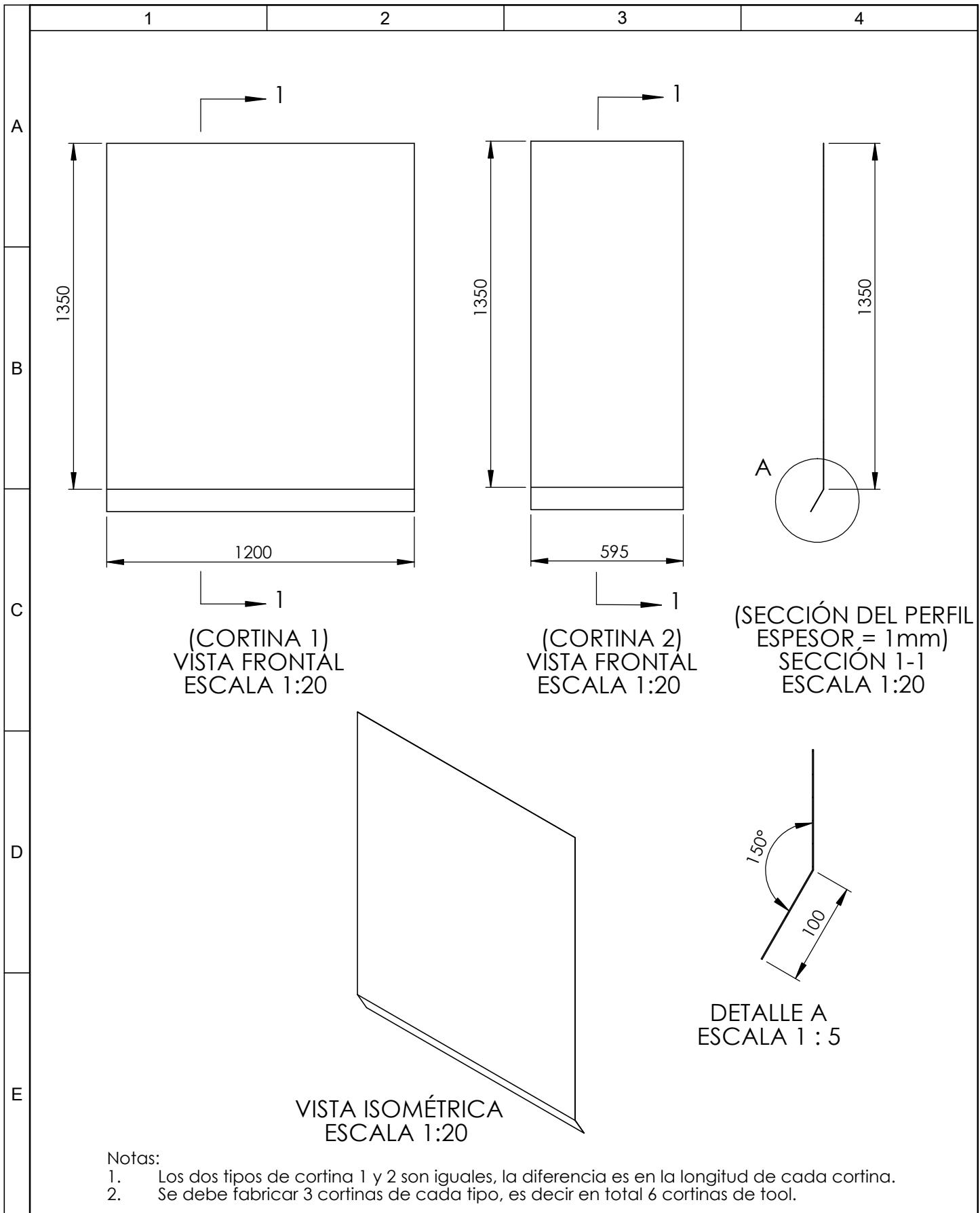


Notas:

1. La entrada de la línea de descarga debe ser de diámetro de 2".
2. Se debe fabricar 3 tanques superiores similares.

				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	2,28 kg	ASTM A653 -G40	
				Fecha	Nombre	Denominación: TANQUE SUPERIOR	Escala: INDICADAS
			Dibujó:	03/07/17	Ing. K. Chiluisa		
			Revisó:	17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó:	21/07/17	Ing. A. Lascano	
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo:	08 de 09
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	2,60 kg	ASTM A653 -G40	
				Fecha	Nombre	Denominación: TOOL CORTINA 1 Y 2	Escala: INDICADAS
				Dibujó: 03/07/17	Ing. K. Chiluisa		
				Revisó: 17/07/17	Ing. A. Lascano		
				Aprobó: 21/07/17	Ing. A. Lascano	Número del dibujo: 09 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)	

