



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA POR EMBUTICIÓN EN FRÍO EN PLANCHAS DE ACERO DE HASTA 1,5 mm DE ESPESOR EN LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”

---

**AUTOR:** David Felipe Santana Tenemaza

**TUTOR:** Ing. Mg. Cristian Pérez

**AMBATO – ECUADOR**

**2016**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor de trabajo de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA POR EMBUTICIÓN EN FRÍO EN PLANCHAS DE ACERO DE HASTA 1,5 mm DE ESPESOR EN LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”, elaborado por el Sr. David Felipe Santana Tenemaza, portador de la cédula de ciudadanía: 050364174-8, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente trabajo técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad

Ambato, Noviembre, 2016

.....  
Ing. Mg. Cristian Pérez

TUTOR

## **AUTORÍA DE PROYECTO TÉCNICO**

Yo David Felipe Santana Tenemaza, portador de la cedula de ciudadanía: 050364174-8, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, declaro que el contenido del proyecto técnico: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA POR EMBUTICIÓN EN FRÍO EN PLANCHAS DE ACERO DE HASTA 1,5 mm DE ESPESOR EN LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA”, así como sus ideas, opiniones, resultados, conclusiones, son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del proyecto

Ambato, Noviembre, 2016

.....  
David Felipe Santana Tenemaza

CI: 050364174-8

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que se haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

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

Ambato, Noviembre, 2016

.....  
David Felipe Santana Tenemaza

CI: 050364174-8

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe técnico realizado por el estudiante David Felipe Santana Tenemaza de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA POR EMBUTICIÓN EN FRÍO EN PLANCHAS DE ACERO DE HASTA 1,5 mm DE ESPESOR EN LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”

Ambato, Enero de 2017

Para constancia firman:

.....  
Ing. Mg. Diego Núñez

.....  
Ing. Mg. Gustavo Patín

## DEDICATORIA

*Este proyecto se lo dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme valor para continuar y no desmayar frente a los problemas que se presentaban.*

*A mi padre por su ejemplo de constancia y perseverancia.*

*A mi madre por sus consejos y motivación de seguir adelante, su esfuerzo y sacrificio por verme convertirme en un profesional.*

*A mis hermanos por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida*

## **AGRADECIMIENTO**

*Primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, dándome fuerza, carácter y salud para poder alcanzar mis metas*

*El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que me dio la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa institución, y compartir su sabiduría. A los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica por brindarme su conocimiento para realizarme como ser humano y profesional.*

*Un agradecimiento especial al Ing. Mg. Cristian Pérez, por su guía y apoyo incondicional en la elaboración del presente trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>PÁGINAS PREELIMINARES</b>	<b>N° PÁGINA</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>II</b>
<b>AUTORÍA DE PROYECTO TÉCNICO .....</b>	<b>III</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 TEMA .....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>4</b>
2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS .....	4
2.2 FUNDAMETACIÓN TEÓRICA .....	5
2.2.1 Proceso de manufactura.....	5
2.2.1.1 Diseño del producto .....	5
2.2.1.2 Acerca de embutición.....	5
2.2.1.3 Selección del material .....	7
2.2.2 Procedimiento básico para realizar un estudio de métodos.....	8
2.2.3 Estudio de movimientos .....	9
2.2.3.1 Simbología utilizada en los cursogramas.....	9



2.2.3.2	Cursograma sinóptico del proceso .....	10
2.2.3.3	Cursograma analítico (diagrama de proceso de flujo).....	11
2.2.3.4	Diagrama de recorrido (diagrama de circulación).....	12
2.2.4	Medición de tiempos .....	13
2.2.4.1	Tiempo normal .....	13
2.2.4.2	Tiempo Estándar .....	14
2.2.5	Simulación de sistemas de producción .....	15
2.2.5.1	Introducción al módulo “Facility Location and Layout” .....	16
2.2.6	Diagrama desde - hacia.....	17
2.2.7	Planeación sistemática de la disposición de Muther .....	17
2.2.7.1	Análisis de productos – cantidades .....	18
2.2.7.2	Definición del Proceso Productivo .....	18
2.2.7.3	Diagrama de relaciones .....	18
2.2.7.4	Diagrama racional de áreas funcionales .....	19
2.2.7.5	Necesidades de espacio .....	20
2.2.7.6	Disposición según la relación de espacio.....	20
2.2.7.7	Selección de distribuciones alternativas .....	21
2.2.7.8	Disposición seleccionada e instalación.....	21
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>23</b>
3.1	<b>ESTUDIO DE MOVIMIENTOS .....</b>	<b>23</b>
3.1.1	Situación actual del sistema de producción.....	23
3.1.2	Análisis de productos - cantidades.....	24
3.1.3	Descripción del sistema de producción actual de chapas de compuerta .....	26
3.1.3.1	Recepción de materia prima .....	26
3.1.3.2	Embutido de planchas de acero .....	28
3.1.3.3	Corte de excesos.....	32
3.1.3.4	Almacenamiento de matrices de embutido y corte .....	35
3.1.3.5	Soldado de partes y acoples.....	35
3.1.3.6	Pulido de bordes y acoples .....	38
3.1.3.7	Ensamble de planchas de acero .....	40
3.1.3.8	Protección anticorrosiva .....	43
3.1.3.9	Almacenaje de chapas de compuerta .....	46
3.1.4	Costo actual de producción de chapas de compuerta .....	48
3.1.4.1	Costo de operaciones del sistema de producción de chapas.....	49
3.1.4.2	Costo de materia prima.....	50

3.1.4.3	Costo de transporte entre operaciones .....	50
3.1.4.3.1	Diagrama desde – hacia.....	50
3.1.4.3.2	Simulación de la disposición de la planta .....	52
3.2	DESARROLLO DEL MÉTODO DE PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCION DE MUTHER (PSD) PARA LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” .....	54
3.2.1	Diagrama de relaciones.....	54
3.2.2	Diagrama racional de áreas funcionales.....	57
3.3	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA .....	58
3.3.1	Aspectos de ponderación .....	58
3.3.2	Valoración de los aspectos de ponderación.....	59
3.3.3	Evaluación de disposiciones alternativas .....	59
3.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	60
3.4.1	Antecedentes de la propuesta.....	60
3.4.2	Datos informativos .....	62
3.4.3	Análisis de factibilidad .....	62
3.4.4	Fuerza requerida para la embutición.....	63
3.4.5	Análisis estructural .....	66
3.4.6	Componentes hidráulicos.....	69
3.4.6.1	Bomba hidráulica .....	69
3.4.6.2	Pistón Hidráulico.....	71
3.4.6.3	Mangueras Hidráulicas.....	74
3.4.6.4	Electroválvula .....	75
3.4.6.5	Válvula reguladora de presión .....	77
3.4.7	Componentes eléctricos.....	77
3.4.7.1	Motor eléctrico .....	77
3.4.7.2	Contactores.....	78
3.4.7.3	Relé térmico .....	79
3.4.7.4	Final de carrera.....	80
3.4.7.5	Interruptor On/Off.....	80
3.4.7.6	Luz piloto .....	81
3.4.7.7	Pulsadores .....	81
3.5	IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....	82
3.4.1	Descripción del sistema de producción implementado de chapas de compuerta.....	82

3.4.1.1	Recepción de materia prima .....	83
3.4.1.2	Embutido y corte de planchas de acero.....	85
3.4.1.3	Soldado de partes y acoples.....	92
3.4.1.4	Pulido de planchas y acoples .....	95
3.4.1.5	Ensamble chapas de compuerta .....	97
3.4.1.6	Protección anticorrosiva de chapas de compuerta .....	100
3.4.1.7	Almacenaje de chapas de compuerta .....	103
3.6	COSTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO.....	105
3.6.1	Costo de operaciones del sistema de producción implementado para la producción de chapas de compuerta .....	105
3.6.2	Costo de materia prima.....	105
3.6.3	Costo de transporte entre operaciones – método implementado .....	106
3.6.3.1	Diagrama desde - hacia .....	106
3.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	108
3.7.1	Recepción de materia prima .....	108
3.7.2	Embutido de planchas de acero .....	109
3.7.3	Corte de excesos.....	110
3.7.4	Soldado de partes y acoples.....	110
3.7.5	Pulido de planchas y acoples .....	111
3.7.6	Ensamble chapas de compuerta .....	111
3.7.7	Protección Anticorrosiva .....	112
3.7.8	Almacenaje de chapas de compuerta .....	112
3.7.1	Costos de materiales .....	113
3.7.1.1	Sistema hidráulico .....	113
3.7.1.2	Sistema eléctrico .....	113
3.7.1.3	Estructura .....	114
3.7.1.4	Maquinaria y mano de obra.....	114
3.7.1.5	Costo total .....	114
3.7.2	Recuperación de la inversión.....	115
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>116</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	116
4.2	RECOMENDACIONES .....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Pasos para el diseño de un producto.....	5
------------	--	---

Figura 2.2 Proceso de embutición profunda.....	6
Figura 2.3 Operaciones de embutición profunda.....	6
Figura 2.4 Cursograma sinóptico del proceso .....	10
Figura 2. 5 Diagrama de proceso de flujo .....	11
Figura 2. 6 Diagrama de recorrido taller de costura .....	12
Figura 2. 7 Número mínimo de ciclos del estudio.....	15
Figura 2. 8 Ingreso de datos para redistribución. Software de simulación de sistemas de producción.....	16
Figura 2. 9 Diagrama de recorridos.....	17
Figura 2. 10 Gráfica de relaciones.....	18
Figura 2. 11 Valoraciones de proximidad .....	19
Figura 2. 12 Valores de relación del SPL .....	19
Figura 2. 13 Diagrama relacional de actividades.....	20
Figura 2. 14 Diagrama de relaciones en tamaño relativo.....	20
Figura 2. 15 Evaluación de arreglos alternativos.....	21
Figura 2. 16 Evaluación de arreglos alternativos.....	22
Figura 3. 1 Forma de la chapa de compuerta embutida 1 .....	24
Figura 3. 2Forma de la chapa de compuerta embutida 2 .....	24
Figura 3. 3 Tiempos de Operación "Recepción de Materia Prima" .....	28
Figura 3.4 Diagrama de recorrido de la operación “recepción de materia prima” .....	28
Figura 3. 5 Tiempos de Operación "Embutido Chapa de Compuerta 1" .....	31
Figura 3. 6 Tiempos de Operación "Embutido Chapa de Compuerta 2" .....	31
Figura 3. 7 Diagrama de recorrido de la operación “embutido de planchas de acero”.....	32
Figura 3. 8 Diagrama de recorrido de la operación “corte de planchas de acero” .....	33
Figura 3. 9 Tiempos de Operación "Corte de Materia Prima" .....	33
Figura 3. 10 Tiempos de Operación "Corte de Materia Prima" .....	35
Figura 3. 11 Diagrama de recorrido de la operación “soldado de partes y acoples” .....	36
Figura 3. 12 Diagrama de recorrido de la operación “pulido de planchas y acoples” .....	38
Figura 3. 13 Tiempos de Operación “pulido de planchas y acoples” .....	38
Figura 3. 14 Tiempos de Operación “Ensamble de Planchas de Acero” .....	40
Figura 3. 15 Diagrama de recorrido de la operación “ensamble de planchas de acero”....	41
Figura 3. 16 Tiempos de Operación “Protección Anticorrosiva” .....	43
Figura 3. 17 Diagrama de recorrido de la operación “Protección anticorrosiva” .....	44
Figura 3. 18 Tiempos de Operación “almacenaje y embarque de chapas” .....	46
Figura 3. 19 Diagrama de recorrido de la operación “almacenaje y embarque” .....	46

Figura 3. 20 Diagrama desde – hacia del proceso de producción .....	50
Figura 3. 21 Ingreso de coordenadas base de datos .....	51
Figura 3. 22 Costos de transporte interdepartamentales en el proceso de producción .....	51
Figura 3. 23 Distribución actual de la empresa .....	52
Figura 3. 24 Diagrama de relación de actividades Alternativa A .....	57
Figura 3. 25 Diagrama de relación de actividades Alternativa B.....	57
Figura 3. 26 Tabla para cálculo de la fuerza de embutición .....	64
Figura 3. 27 Conformado plancha embutida 1 .....	64
Figura 3. 28 Conformado plancha embutida 2 .....	65
Figura 3. 29 Vista frontal e isométrica de la prensa hidráulica.....	67
Figura 3. 30 Esfuerzo de Von Mises en la estructura de la prensa .....	67
Figura 3. 31 Desplazamiento máximo de la estructura.....	68
Figura 3. 32 Factor de seguridad de la prensa .....	68
Figura 3. 33 Bomba Dowty OP-P 3000 3015.....	69
Figura 3. 34 Velocidad (rev/min) vs flujo (lt/min) .....	70
Figura 3. 35 Pistón Hidráulico .....	71
Figura 3. 36 Mangueras hidráulicas .....	74
Figura 3. 37 Válvula direccional .....	75
Figura 3. 38 Válvula reguladora de presión.....	77
Figura 3. 39 Motor trifásico de inducción .....	77
Figura 3. 40 Contactores G.E CL00-110V .....	78
Figura 3. 41 Relé térmico 6-9 A GTK -22 .....	79
Figura 3. 42 Contactores G.E CL00-110V .....	80
Figura 3. 43 Interruptor On/Off.....	80
Figura 3. 44 Luz piloto Led HD 16-22D/S4.....	81
Figura 3. 45 Pulsador NO (verde), Pulsador NC (rojo) .....	81
Figura 3. 46 Tiempos de Operación Implementado "Recepción de Materia Prima" .....	83
Figura 3. 47 Diagrama de recorrido de la operación “recepción de materia prima” método implementado .....	83
Figura 3. 48 Tiempos de Operación Implementado "Embutido Chapa de Compuerta 1" .85	
Figura 3. 49 Tiempos de Operación Implementado "Embutido Chapa de Compuerta 2" .85	
Figura 3. 50 Diagrama de recorrido de la operación “embutido de planchas de acero”- método implementado .....	86
Figura 3. 51 Tiempos de Operación Implementado "Corte de Materia Prima" .....	89

Figura 3. 52 Diagrama de recorrido de la operación “corte de excesos”- método implementado .....	90
Figura 3. 53 Tiempos de Operación Implementado "Corte de Materia Prima" .....	92
Figura 3. 54 Diagrama de recorrido de la operación “soldado de planchas de acero”- método implementado .....	94
Figura 3. 55 Tiempos de Operación Implementado “pulido de planchas y acoples” .....	95
Figura 3. 56 Diagrama de recorrido de la operación “pulido de planchas y acoples”- método implementado .....	95
Figura 3. 57 Tiempos de Operación Implementado “Ensamble de Planchas de Acero”...97	
Figura 3. 58 Diagrama de recorrido de la operación “Ensamble chapas de compuerta”- método implementado .....	98
Figura 3. 59 Tiempos de Operación Implementado “Protección Anticorrosiva” .....	100
Figura 3. 59 Diagrama de recorrido de la operación “Protección anticorrosiva”- método implementado .....	101
Figura 3. 61 Tiempos de Operación Implementado “almacenaje y embarque de chapas de compuerta” .....	103
Figura 3. 62 Diagrama de recorrido de la operación “Almacenaje chapas de compuerta”- método implementado .....	103
Figura 3. 62 Diagrama desde – hacía del sistema de producción implementado .....	106
Figura 3. 63 Costos de transporte interdepartamentales en el proceso de producción implementado de chapas de compuerta .....	107
Figura 3. 64 Distribución implementada de la empresa.....	107
Figura 3. 65 Comparación de costos de la operación “Recepción de materia prima” .....	108
Figura 3. 67 Comparación de costos de la operación “Embutido de chapa de compuerta 1” .....	109
Figura 3. 67 Comparación de costos de la operación “Embutido de chapa de compuerta 2” .....	109
Figura 3. 68 Comparación de costos de la operación “Corte de excesos” .....	110
Figura 3. 69 Comparación de costos de la operación “Soldado de partes y acoples” .....	110
Figura 3. 70 Comparación de costos de la operación “Pulido planchas y acoples” .....	111
Figura 3. 71 Comparación de costos de la operación “Ensamble chapas de compuerta”	111
Figura 3. 72 Comparación de costos de la operación “Protección anticorrosiva” .....	112
Figura 3. 73 Comparación de costos de la operación “Almacenaje de chapas” .....	112
Figura 3. 74 Costos del sistema hidráulico .....	113
Figura 3. 75 Costo del sistema eléctrico .....	113

Figura 3. 76 Costos de la estructura .....	114
Figura 3. 77 Costos de maquinaria y mano de obra.....	114
Figura 3. 78 Costo total de la máquina.....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Análisis de proceso y operación de las etapas de un estudio de métodos.....	8
Tabla 2. 2 Operaciones que tienen lugar durante un proceso dado .....	9
Tabla 3. 1 Cursograma analítico de la operación “recepción de materia prima” .....	27
Tabla 3. 2 Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 1” .....	29
Tabla 3. 3 Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 2” .....	30
Tabla 3. 4 Cursograma analítico de la operación “corte de excesos” .....	34
Tabla 3. 5 Cursograma analítico de la operación “soldado de partes y acoples” .....	37
Tabla 3. 6 Cursograma analítico de la operación “pulido de planchas y acoples” .....	39
Tabla 3. 7 Cursograma analítico de la operación “ensamble de planchas de acero” .....	42
Tabla 3. 8 Cursograma analítico de la operación “protección anticorrosiva” .....	45
Tabla 3. 9 Cursograma analítico de la operación “almacenaje de chapas de compuerta” .....	47
Tabla 3. 10 Costos de operación de los diferentes puestos de trabajo .....	49
Tabla 3.11 Costos totales del sistema de producción actual.....	54
Tabla 3. 12 Listado de razones.....	54
Tabla 3. 13 Valores de relación escala 4 -1 .....	55
Tabla 3. 14 Relación de áreas Alternativa A .....	56
Tabla 3. 15 Relación de áreas Alternativa B.....	56
Tabla 3. 16 Sistema de ponderación.....	58
Tabla 3. 17 Valoración de aspectos de ponderación .....	59
Tabla 3. 18 Resultado de análisis de ponderación.....	60
Tabla 3. 19 Cursograma analítico de la operación “recepción de materia prima”- método implementado.....	84
Tabla 3. 20 Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 1”- método implementado.....	87
Tabla 3. 21 Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 2”- método implementado.....	88
Tabla 3. 22 Cursograma analítico de la operación “Corte de excesos”- método implementado .....	91
Tabla 3. 23 Cursograma analítico de la operación “Soldado planchas de acero”- método implementado.....	93

Tabla 3. 24 Diagrama de recorrido de la operación “pulido de planchas y acoples”- método implementado.....	96
Tabla 3. 25 Diagrama de recorrido de la operación “Ensamble chapas de compuerta”- método implementado.....	99
Tabla 3. 26 Diagrama de recorrido de la operación “Pintado chapas de compuerta”- método implementado.....	102
Tabla 3. 27 Diagrama de recorrido de la operación “Almacenaje chapas de compuerta”- método implementado.....	104
Tabla 3. 28 Costos de operación de los diferentes puestos de trabajo – método implementado ...	105
Tabla 3. 29 Costo total del sistema de producción implementado .....	108



## RESUMEN EJECUTIVO

Ingeniería del Acero y Matricería es una empresa que se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua en la ciudad de Ambato Panamericana Sur Km 5-1/2 vía a Riobamba, viene dando servicios de: diseño mecánico, matricería, mecanizados CNC, producción de troquelados y pintura electroestática. Para el desarrollo del presente proyecto técnico se tomó como referencia el sistema de producción de chapas de compuertas anterior de la empresa, que tiene como operaciones macro para la elaboración de este producto: la recepción de materia prima, el embutido de chapas de compuerta, el corte de exceso de planchas de compuerta, el almacenamiento de matrices, el soldado de partes y acoples, el pulido de bordes y acoples, el ensamble de chapas de compuerta, la protección anticorrosiva y el almacenaje de chapas de compuerta. En primer lugar se realizó un estudio de movimientos de las operaciones descritas utilizando simbología de acuerdo a las normas ASME, este estudio se lo realizó para analizar las distancias de recorrido entre procesos, el tiempo de operación de cada uno de ellos y el costo de producción. Una vez realizado el estudio de movimientos se desarrolló el método de Planeación Sistemática de Muther (PSD). Para complementar este método se utilizó un software de libre acceso para analizar los costos de transporte entre operaciones y posibles disposiciones de la planta industrial de la empresa para el sistema de producción. Al desarrollar el sistema de planeación sistemática de Muther (PSD) se determinó que la mejor alternativa sería implementar una prensa hidráulica para los procesos de embutido y corte, y así disminuir costos, tanto de transportes como de operación. Para adaptar la maquinaria existente en la empresa a la disposición seleccionada con el método anteriormente descrito se reforzó la estructura e implemento todo un sistema hidráulico nuevo. Los resultados de la implementación se evidenciaron en la disminución de tiempos de producción y por ende una disminución del costo de producción del 17,14 %, además de facilitar el transporte de la materia prima a los operadores.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 TEMA**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA POR EMBUTICIÓN EN FRÍO EN PLANCHAS DE ACERO DE HASTA 1,5 mm DE ESPESOR EN LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” DE LA CIUDAD DE AMBATO.

### **1.2 ANTECEDENTES**

Los sistemas de producción por embutición se los implemento hace tres años y las operaciones de embutición en planchas de acero de 1,5 mm de espesor para la elaboración de chapas de compuerta se las realiza aproximadamente desde hace dos años, utilizando maquinaria como troqueles y taladros para algunas de las operaciones más importantes de este sistema de producción (embutido, perforado), las cuales son inadecuadas para estos procesos ocasionando varios problemas como embuticiones defectuosas o exceso de materia prima desperdiciada además de no tener ningún tipo de análisis de producción y el control de la calidad del producto.

La empresa “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” incursiona en varios campos de la ingeniería como: diseño mecánico, mecanizados CNC, troquelados, etc. Siendo así un gran apoyo para el sector carroceros de la ciudad de Ambato y para la industria de Tungurahua.

La empresa se encuentra desarrollando varios proyectos para satisfacer las necesidades del sector industrial de la provincia, específicamente dentro del sector carroceros, por lo que el desarrollo de nuevos sistemas de producción está

dentro de los objetivos de la empresa. La industria carrocera de la provincia utiliza una gran cantidad de piezas embutidas, como: templadores, ángulos, esquineros, chapas de compuertas etc. para el ensamblaje total de las carrocerías.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La industria carrocera es una de las más importantes dentro de la provincia de Tungurahua, solamente en la ciudad de Ambato existen 20 empresas que se dedican a este sector según el listado de empresas fabricantes de carrocerías autorizadas por la Agencia Nacional de Transito; [1] las mismas que generan más de 2800 puestos de trabajo directo e indirecto el cual representa el 65% de la producción total del sector carrocerero del país. [2] Cada una de estas empresas produce en promedio una carrocería mensualmente. Varios procesos y operaciones (protección anticorrosiva, embutido, troquelado, doblado) se las asignan a empresas dedicadas a la matricería y operaciones de formado.

Una carrocería necesita en promedio de 8 compuertas, cada compuerta está comprendida por 2 piezas embutidas (1 juego de chapa de compuerta) mediante un proceso de embutición, por lo que una sola carrocería necesita 16 partes de planchas embutidas solamente para las chapas de compuerta, ya que mensualmente en la ciudad se producen en promedio 36 carrocerías se necesitan 288 juegos de chapas de compuerta para ser implementadas. Debido a la gran demanda de partes embutidas por parte del sector industrial de la provincia; especialmente del sector carrocerero para ser acopladas a las carrocerías de buses, se tiene la necesidad de diseñar e implementar un sistema de producción de chapas de compuerta para mejorar la producción y los ingresos económicos de la empresa, al mismo tiempo que se proporciona al consumidor un producto de buena calidad que cubra los requerimientos mecánicos de las chapas, ya que en el sistema de producción actual hay varios factores que se desean mejorar como la calidad del producto, el desperdicio de materia prima, reducción del recorrido entre procesos y disminución de tiempos de producción.

Es por eso que la empresa " INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA " viendo la demanda de este tipo de proceso ha decidido diseñar e implementar un sistema de producción más eficiente para la embutición en frío de planchas de acero.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar el sistema de producción de chapas de compuerta por embutición en frío en planchas de acero de hasta 1,5 mm de espesor en la empresa "INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA" de la ciudad de Ambato.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Seleccionar el proceso de producción a utilizar en el sistema de producción de chapas de compuerta.
- Realizar un análisis de las operaciones a realizarse en el sistema de producción de chapas de compuertas.
- Efectuar el control de las operaciones durante el proceso de producción.
- Analizar los costos de producción que se generarán con la implementación del sistema de producción de chapas metálicas en planchas de acero.

## CAPÍTULO II

### 2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS

F. Aguais. “Reingeniería del proceso de fabricación, rediseño de las matrices y simulación del proceso de embutición de la vajilla de campaña de lámina de aluminio temple H0 tipo bandeja de capacidad de un litro de la E.M. Santa Bárbara E.P.” Tesis Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica del Ejercito E.S.P.E, 2013, ha llegado a la conclusión que se deben utilizar métodos de gerencia y productividad para realizar una reingeniería de procesos o implementar un nuevo sistema productivo. [3]

J. Ibarra, P. Méndez, V. Quinteros. “Diseño del proceso de fabricación para accesorios de grifería del grupo F.V. y construcción de la matricería del molde 406.19” Tesis Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, 2011, han llegado a la conclusión que al seleccionar una configuración de planta en distribución funcional para ajustarse a las condiciones de procesamiento entre las diferentes etapas de fabricación dan un valor agregado al producto. [4]

En el “Ensayo de Embutido” Realizado por: G. Calle se estudió el método Erichsen para la valoración de la formabilidad de los materiales de chapa. [5]

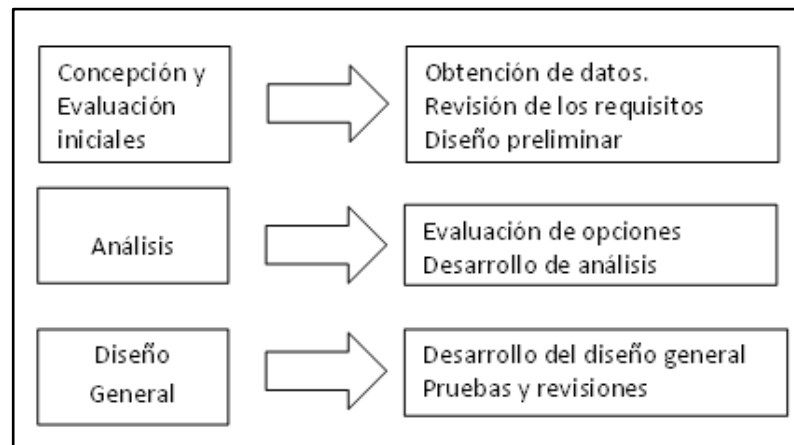
En el artículo técnico “Proceso de producción por embutición” el autor: Ing. Eulogio Santos De la Cruz, muestra los resultados de la investigación realizado, planteando un proyecto de diseño de un producto de costo mínimo. [6]

## 2.2 FUNDAMETACIÓN TEÓRICA

### 2.2.1 Proceso de manufactura

#### 2.2.1.1 Diseño del producto

El requisito principal para una producción económica es la formulación de un proyecto del diseño del producto que contemple las condiciones funcionales y físicas a un costo bajo; es decir minimizar los costos unitarios y de las herramientas. En el diseño del producto se contempla los pasos indicados en la fig. 2.1: [6]



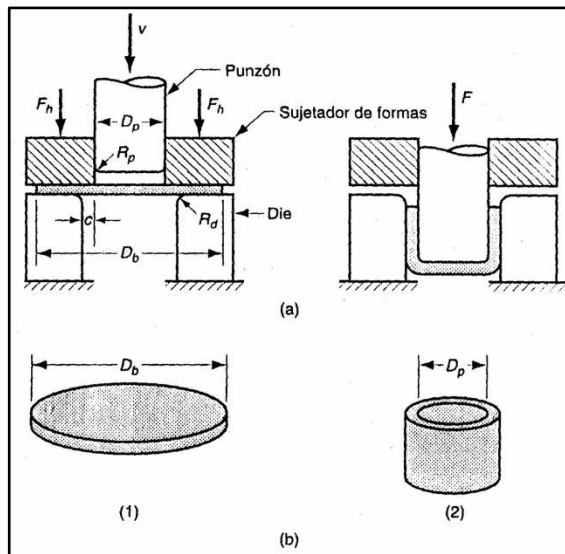
**Figura 2.1** Pasos para el diseño de un producto

**Fuente:** [6] Proceso de producción por embutición

#### 2.2.1.2 Acerca de embutición

La embutición es un proceso tecnológico que consiste en dar la forma a una lámina metálica en superficies no desarrollables; por deformaciones plásticas; durante este procedimiento ocurre la transformación del material, si es de forma cilíndrica o cónica de diámetro  $D_p$ , el material de partida es un disco de diámetro  $D_b$ , tal como se indica en la fig. 2.1, además del desarrollo y el comportamiento del material, otros factores a considerar son: el juego entre el

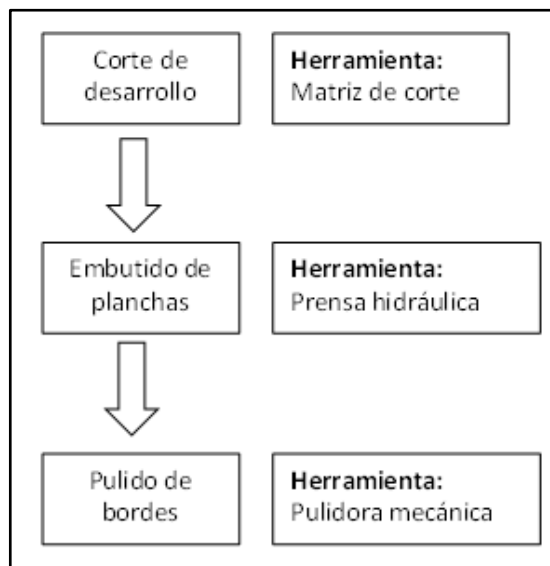
punzón y la matriz, radio de embutición, redondeo del punzón, lubricación, velocidad de embutición, presión del pisador, esfuerzo de embutición. [6]



**Figura 2.2** Proceso de embutición profunda

**Fuente:** [6] Proceso de producción por embutición

El proceso de embutido se debe considerar tres operaciones primordiales que son:



**Figura 2.3** Operaciones de embutición profunda

**Fuente:** [6] Proceso de producción por embutición

### 2.2.1.3 Selección del material

La selección del material debe comprender los factores de diseño y manufactura, siendo una interdependencia compleja entre diseño, material y fabricación; el acero es uno de los materiales más importantes por sus propiedades mecánicas; su buena plasticidad permite hacer trabajos en ella por deformación sin destruirse. [6]

El buen resultado de la embutición depende no solo del cuidado con que se efectúa el proceso, sino también de las características del acero utilizado. La capacidad de deformación de la plancha es factor preponderante para que no aparezcan fallas en la superficie. [6]

En la ingeniería de materiales, tanto las propiedades indicadas, así como la resistencia mecánica constituyen los parámetros de diseño, los cuales son la base para la selección del material. El material seleccionado es el acero ASI 1018, cuyas propiedades mecánicas mínimas estimadas según la norma SAE J1319 son: [6]

- Esfuerzo de fluencia: 370 MPa
- Esfuerzo máximo: 440 MPa
- Elongación máxima: 15% (50mm)
- Reducción de área: 40%
- Módulo de elasticidad: 205 GPa
- Maquinabilidad: 76% (AISI 1212 = 100%)
- Dureza: 126 HB (71HRb)

Los porcentajes de reducción de área y elongación muestran las buenas condiciones de ductilidad y plasticidad; requisitos indispensables para la embutición. [6]



### 2.2.2 Procedimiento básico para realizar un estudio de métodos

El estudio de métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del estudio de trabajo, el cual consta de siete etapas fundamentales como se puede observar en la tabla 2.1 [7]

**Tabla 2. 1** Análisis de proceso y operación de las etapas de un estudio de métodos

Etapas	Análisis del Proceso	Análisis de la operación
<b>Seleccionar</b> el sistema productivo, al cual se hará el estudio	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, técnicas y humanas	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, técnicas y humanas
<b>Registrar</b> toda la información referente al método actual	Diagrama de procesos actual: sinóptico, analítico, y de recorrido	Diagrama de operación bimanual actual
<b>Analizar</b> críticamente lo registrado	La técnica del interrogatorio: preguntas preliminares	La técnica del interrogatorio: preguntas de fondo a la operación completa
<b>Desarrollar</b> el método propuesto	La técnica del interrogatorio: preguntas de fondo	La técnica del interrogatorio: preguntas de fondo a la operación completa
<b>Definir</b> el nuevo método propuesto	Diagrama de procesos propuesto: sinóptico, analítico, y de recorrido	Diagrama de operación bimanual del método propuesto
<b>Implementar</b> el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas	Participación de la mano de obra y relaciones humanas
<b>Mantener</b> en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente

**Fuente:** [7]www.ingenieriaindustrialonline.com


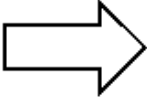


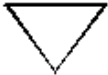

### 2.2.3 Estudio de movimientos

El estudio de movimientos corresponde a los aspectos generales y las operaciones de una planta o una línea de productos, como operaciones, inspecciones, transporte, detenciones, o demoras y almacenamientos, así como las relaciones entre estas diversas funciones. Hay tres técnicas que nos ayudan a estudiar el flujo general de una planta o un producto: cursograma sinóptico del proceso, cursograma analítico, diagrama de recorrido. [7]

#### 2.2.3.1 Simbología utilizada en los cursogramas

Existe una serie de consideraciones al momento de realizar un cursograma; estas consideraciones han pasado a ser universales debido a su aprobación por parte del comité de la ASME. La simbología para dichas consideraciones se las observa en la Tabla 2.2 [7]

**Tabla 2. 2** Operaciones que tienen lugar durante un proceso dado

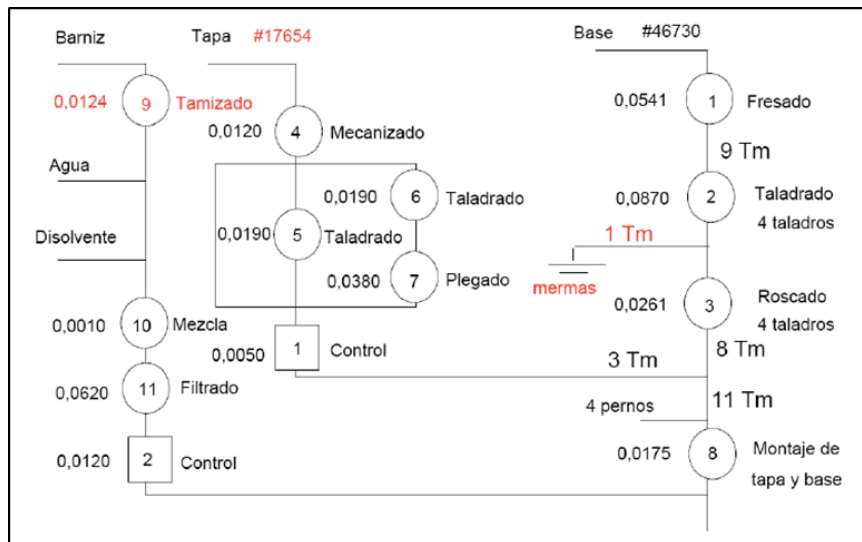
Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje.	
Transporte	Ocurre cuando un objeto o un grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.	
Inspección	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualquier característica.	
Demora	Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.	
Almacenaje	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.	
Actividad combinada	Se representa cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo	

Fuente: [7] [www.ingenieriaindustrialonline.com](http://www.ingenieriaindustrialonline.com)

### 2.2.3.2 Cursograma sinóptico del proceso

El diagrama sinóptico del proceso es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y el orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; además, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis; por ejemplo, el tiempo requerido, la situación de cada paso o si los ciclos de fabricación son los adecuados. [8]

Los objetivos del diagrama del proceso es, proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Por lo tanto, permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales con el fin de disminuir demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo. Los diagramas del proceso de la operación difieren ampliamente entre sí a consecuencia de las diferencias entre los procesos que representan. En la fig. 2.4 se puede observar un cursograma sinóptico de un proceso productivo. [8]



**Figura 2.4** Cursograma sinóptico del proceso

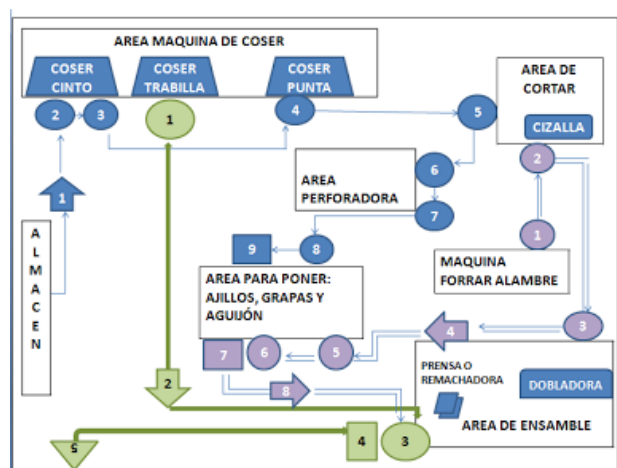
**Fuente:** [9] [www.industrial-diegohernandez.blogspot.com/](http://www.industrial-diegohernandez.blogspot.com/)



Una vez terminado el diagrama de flujo podemos darnos cuenta del transporte de un objeto que siguió algún operador durante un determinado proceso. Este transporte, aún en lugares pequeños, llega a ser algunas veces de muchos kilómetros por día, que sumados anualmente representan una pérdida considerable en tiempo, energía y dinero. [8]

#### 2.2.3.4 Diagrama de recorrido (diagrama de circulación)

El diagrama de recorrido consiste en un plano (que puede ser o no a escala), de la planta o sección donde se desarrolla el sistema de producción. En este diagrama se registran todos los diferentes movimientos del material, indicado con su respectivo símbolo y numeración de cada una de las diferentes actividades, y el lugar donde estas se ejecutan. El diagrama de recorrido permite visualizar los transportes, avances y retrocesos de las unidades, los “cuellos de botella”, los sitios de mayor concentración etc. a fin de analizar el trabajo para ver que se puede optimizar (eliminar, cambiar, reordenar, simplificar) como se observa en la fig. 2.6 [8]



**Figura 2. 6** Diagrama de recorrido taller de costura

**Fuente:** [11] [www.site/ivangarciasanchez90/objetivos/gestion-tema-7/10o](http://www.site/ivangarciasanchez90/objetivos/gestion-tema-7/10o)

## 2.2.4 Medición de tiempos

Por lo general, el tiempo se estudia con un cronómetro. El proceso o actividad objeto del estudio se divide en partes o elementos medibles y el tiempo de cada uno de ellos es cronometrado de forma individual. Algunas reglas generales para dividir en elementos el proceso o actividad son: [12]

- Definir cada elemento del trabajo de modo que dure poco tiempo, pero lo bastante como para poder cronometrarlo y anotarlo.
- Si el operario trabaja con equipo que funciona por separado, dividir las acciones del operario y del equipo en elementos diferentes.
- Definir las demoras del operador o del equipo en elementos separados.

### 2.2.4.1 Tiempo normal

Tras un número dado de repeticiones, se saca el promedio de los tiempos registrados (se puede calcular la desviación estándar para tener una medida de la variación de los tiempos de desempeño). Se suman los promedios de los tiempos de cada elemento y así se obtiene el tiempo del desempeño del operario. [13]

Cuando se observa a un operario durante un periodo, el número de unidades que produce durante el mismo, así como el índice del desempeño, tiene:

$$TN = \frac{\text{Tiempo trabajado}}{\text{Número de unidades producidas}} * \text{Índice de desempeño} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

El índice de desempeño es la evaluación de la velocidad de trabajo del operario que puede ser: rápido, normal o lento. Para la mayoría de los casos se utiliza la escala británica para la determinación del índice de desempeño del operario en donde la valoración va de 0 al 100% cuando el operario es: [13]

- Rápido: valoración > 100%
- Normal: valoración = 100%

- Lento: valoración= < 100%

#### 2.2.4.2 Tiempo Estándar

El tiempo estándar se encuentra mediante la suma del tiempo normal más algunas holguras para las necesidades personales (como descansos para ir al baño o tomar café), las demoras inevitables en el trabajo (descomposturas en las herramientas o falta de materiales) y la fatiga del trabajador (física o mental). [13]

Existen dos ecuaciones para la determinación del tiempo estándar las cuales son:

$$TE = TN * (1 + Tolerancias) \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$TE = \frac{TN}{1 - Tolerancias} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

La **Ec. 2.2** es la más usada en la práctica, ya que esta ecuación implica que las tolerancias se suman al tiempo normal. Si se supone que las tolerancias se deben aplicar al periodo de trabajo entero, entonces la **Ec. 2.3** es la adecuada. [13]

La toma de tiempos es en realidad un proceso de muestreo; es decir, se considera que una cantidad relativamente pequeña de observaciones es representativa de los muchos ciclos subsiguientes que desempeñará el trabajador. Con base en los muchos análisis y experiencias, la tabla de Benjamin Niebel que se representa en la figura 2.8 indica que “suficiente” está en función de la duración del ciclo y del número de repeticiones del trabajo dentro de un determinado periodo. [13]

CUANDO EL TIEMPO POR CICLO ES SUPERIOR A	NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS DEL ESTUDIO (ACTIVIDAD)		
	MÁS DE 10 000 POR AÑO	1 000 - 10 000	MENOS DE 1 000
8 horas	2	1	1
3	3	2	1
2	4	2	1
1	5	3	2
48 minutos	6	3	2
30	8	4	3
20	10	5	4
12	12	6	5
8	15	8	6
5	20	10	8
3	25	12	10
2	30	15	12
1	40	20	15
0.7	50	25	20
0.5	60	30	25
0.3	80	40	30
0.2	100	50	40
0.1	120	60	50
Menos de 0.1	140	80	60

**Figura 2. 7** Número mínimo de ciclos del estudio

**Fuente:** [13] B.W. Niebel, Motion and Time Study, 9ª ed. (Burr, II: Richard D, Irwin, 1993), p. 194. The McGraw – Hill Companies, Inc.

### 2.2.5 Simulación de sistemas de producción

Los grandes avances tecnológicos en lo referente a metodologías de simulación y la disponibilidad de software que existe actualmente en el mercado, han hecho que la técnica de simulación sea una de las herramientas más usadas en el análisis de sistemas de producción. [14]

La simulación de sistemas de producción se utiliza en la etapa de diseño, como ayuda para mejorar un proceso o sistema ya existente o analizar algunas modificaciones dadas por el software. [14]

Se recomienda la aplicación de la simulación a sistemas ya existentes cuando existe algún problema de operación o se requiere llevar a cabo una mejora en el comportamiento del sistema de producción. El efecto que sobre el sistema ocurre cuando se cambia algún aspecto del mismo se puede analizar antes de que ocurra el cambio físico en la planta con la utilización de simuladores de sistemas de producción. [14]



Los simuladores de sistemas de producción son software interactivos de libre acceso para la resolución de problemas en el campo de la investigación operativa. Entre las herramientas más utilizadas de estos simuladores en el campo de la ingeniería de métodos se encuentra:

- Análisis de muestreo de aceptación (AcceptanceSamplingAnalysis)
- Planeación agregada (AggregatePlanning)
- Análisis de decisiones (DecisionsAnalysis)
- Diseño y localización de plantas (FacilityLocation and layout)

### 2.2.5.1 Introducción al módulo “Facility Location and Layout”

Este módulo se utiliza para resolver problemas de disposición en planta y problemas de localización y balance de líneas de montaje.

Para solucionar problemas de disposición de planta el programa utiliza un método heurístico basado en el algoritmo CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique), el cual permite tener una mejor redistribución de una planta existente a través de transposiciones sucesivas de sus departamentos, hasta alcanzar el costo mínimo de las interrelaciones entre operaciones o departamentos. [14]

Functional Layout Information for INGENIERIA DEL ACERO Y MATRICERIA									
1 : Location Fixed			No						
Department Number	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit Cost	To Dep. 2 Flow/Unit Cost	To Dep. 3 Flow/Unit Cost	To Dep. 4 Flow/Unit Cost	To Dep. 5 Flow/Unit Cost	To Dep. 6 Flow/Unit Cost	
1	Parqueadero	No	0	1.5324					
2	Bodega	No		0		0.05213		0.01944	
3	Matices	No			0	0.05113		0.04940	
4	Embudo	No			0.05113			0.01944	0.01469
5	Cortado	No			0.04940			0	0.03701
6	Soldado	No							0
7	Pulido	No						0.02851	0.03024
8	Ensamble	No							
9	Pintado	No							
10	Secado	Yes							
11	Bodega	No							
12	Edificios	Yes							
13	Oficinas	No							
14	Pasillos	No							
15	Pacios	No							

**Figura 2. 8** Ingreso de datos para redistribución. Software de simulación de sistemas de producción

**Fuente:** Elaborado por el autor

## 2.2.6 Diagrama desde - hacia

Antes de corregir una configuración o diseñar una nueva, el analista debe acumular los hechos que pueden influir sobre la disposición. Los diagramas de recorrido, o desde – hacia, pueden ser de gran utilidad para diagnosticar problemas relacionados en el arreglo de departamentos, así como con la ubicación de equipo dentro de determinado sector de la planta. El diagrama de recorridos consiste en una matriz que se despliega la magnitud del manejo de materiales que se lleva a cabo entre dos instalaciones en un periodo determinado. [15]

		Hasta							
		Torno de torreta No. 4 W. & S.	Prensa de perforado Delta de 17"	Taladro de 2 ejes L. & D.	Fresa No. 1 Cinn. Hor.	Fresa vertical No. 3 B. & S.	Prensa Niágara de 100 toneladas	No. 2 Cinn. sin centro	Pulidora No. 3 Excello Thd.
Desde	Torno de torreta No. 4 W. & S.		20	45	80	32	4	6	2
	Prensa de perforado 17"			6	8	4	22	2	3
	Taladro de 2 ejes L. & D.				22	14	18	4	4
	Fresa No. 1 Cinn. Hor.	120				10	5	4	2
	Fresa vertical No. 3 B. & S.						6	3	1
	Prensa Niágara de 100 toneladas		60	12	2			0	1
	No. 2 Cinn. sin centro		15						15
	Pulidora No. 3 Excello Thd.				15	8			

**Figura 2. 9** Diagrama de recorridos

[Fuente: [15] Ingeniería Industrial, (2009), pág. 88

## 2.2.7 Planeación sistemática de la disposición de Muther

El método sistemático para configurar plantas desarrollado por Muther en 1973 se llama Método Sistemático de Distribuciones (SLP). El objetivo del SLP es ubicar dos áreas con grandes relaciones lógicas y de frecuencias cercanas entre sí mediante el uso de un procedimiento directo de ocho pasos. [16]

### 2.2.7.1 Análisis de productos – cantidades

Debemos conocer cuáles son las materias primas a procesar y los productos y subproductos a fabricar así como sus cantidades y volúmenes.

### 2.2.7.2 Definición del Proceso Productivo

Hay que definir las actividades del proceso productivo y ordenarlas secuencialmente. A cada actividad se le asigna un símbolo que la encuadra en un tipo general, los símbolos y trazos que se utilizan son los descritos en la Tabla 2.2 [9]

### 2.2.7.3 Diagrama de relaciones

En esta etapa es donde se establecen las relaciones entre las diferentes áreas, después, se elaboran un diagrama sobre un formato especial llamado diagrama racional de áreas funcionales. [16]

A. Gráfica de relaciones (basada en las tablas B y C)					
De	A				
	2	3	4	5	
1. Departamento de crédito	1	U	E	U	
	6	—	4	—	
2. Departamento de juguetes		U	1	A	
		—	1	1,6	
3. Departamento de vinos			U	X	
			—	1	
4. Departamento de cámaras				X	
				1	
5. Departamento de chocolates					

**Figura 2. 10** Gráfica de relaciones

**Fuente:** [15] Administración Operaciones, (2006), pág. 226

Se trata de una matriz diagonal en la que se especifican todas las actividades del proceso incluyendo procesos que no aparecen el diagrama de proceso, en ella se especifican las relaciones de proximidad entre una actividad o área y el resto, utilizando las siguientes valoraciones de proximidad: [16]

<b>A:</b> Absolutamente necesario
<b>E:</b> Especialmente importante
<b>I:</b> Importante
<b>O:</b> ordinario
<b>U:</b> Sin importancia
<b>X:</b> indeseable

**Figura 2. 11** Valoraciones de proximidad

**Fuente:** [16] Ingeniería industrial, (2009), Pág. 90

En la mayoría de los casos la valoración más utilizada es U: sin importancia, a quien no se la justifica con un determinado motivo a diferencia de las demás valoraciones. Estas justificaciones pueden ser variadas dependiendo del sistema productivo, el cual se está analizando. [16]

#### 2.2.7.4 Diagrama racional de áreas funcionales

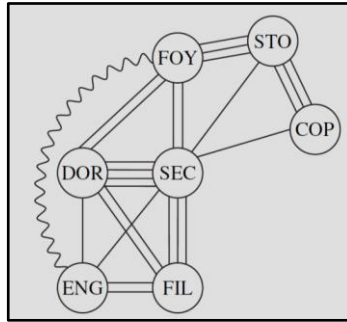
Mediante este diagrama se puede visualizar las posiciones relativas de unas áreas frente a otras utilizando los datos de la tabla de relaciones y trazando las valoraciones de proximidad de la siguiente manera: [11]

Valor	Líneas en el diagrama	Color
4	≡≡≡≡	Rojo
3	≡≡≡	Amarillo
2	≡≡≡	Verde
1	≡≡	Azul
0	≡	
-1	∕∕∕∕∕∕	Café

**Figura 2. 12** Valores de relación del SPL

**Fuente:** [15], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 90

Obtenemos una representación gráfica que nos va aproximando a la disposición de la planta. Lo más aconsejable es representar un diagrama al menos con los valores A: absolutamente necesario, E: especialmente importante, I: importante. [15]



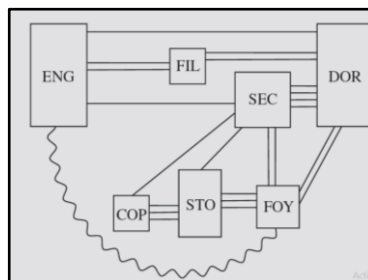
**Figura 2.13** Diagrama relacional de actividades  
**Fuente:** [15] Ingeniería industrial, (2009), Pág. 91

### 2.2.7.5 Necesidades de espacio

En esta etapa se establecen las necesidades de espacio en términos de los pies cuadrados que existen. Estos valores pueden calcularse con base en las necesidades de producción, extrapoladas a partir de áreas existentes, proyectadas para expansiones futuras o establecidas por estándares legales, como estándares arquitectónicos. Además de los pies cuadrados, el tipo y forma del área que se desee definir, así como la ubicación respecto a los servicios que se requieran, pueden ser aspectos muy importantes. [16]

### 2.2.7.6 Disposición según la relación de espacio

Una vez determinada las necesidades de espacio y analizado todos los parámetros anteriores se crea una representación espacial escalando las áreas en términos de su tamaño relativo. [15]



**Figura 2.14** Diagrama de relaciones en tamaño relativo  
**Fuente:** [15], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 91

### 2.2.7.7 Selección de distribuciones alternativas

Con las numerosas distribuciones posibles, es común que varias parezcan alternativas adecuadas. En ese caso, se debe evaluarlas para determinar la mejor solución. En primer lugar se debe identificar los factores más determinantes; por ejemplo la eficiencia de flujo, expansiones futuras, flexibilidad, eficiencia, efectividad etc. Segundo se debe establecer la importancia relativa de estos factores mediante un sistema de ponderaciones como la escala 0 a 10. [15]

Para calificar las alternativas según satisfacen cada factor. Muther (1973) sugiere una escala de 4 a -1 siendo 4 un resultado casi perfecto; 3 especialmente bueno; 2 importante; 1 ordinario o común; 0 sin importancia; -1 no aceptable. Cada calificación se multiplica por su ponderación. Los productos de cada alternativa se suman y el valor más alto indica la mejor alternativa. [15]

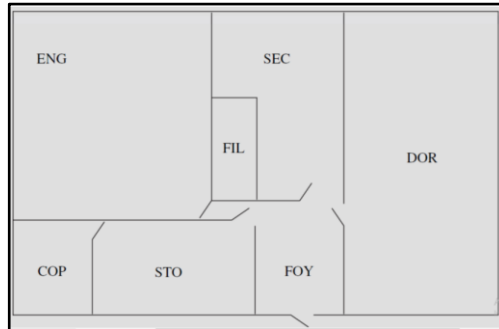
Evaluación de alternativas							Página 1 de 1
Planta: Dorben Consulting	Alternativas	A	B	C	D	E	
Proyecto: Construcción de una nueva oficina		Cara oeste de la oficina de Dorben	Cara este de la oficina de Dorben				
Fecha: 6-9-97							
Analista: AF							
Factor/Consideración	Peso	Valores y valores ponderados					Comentarios
		A	B	C	D	E	
Aislamiento del personal	8	1	8	3	24		
Movimiento de los suministros	4	3	12	3	12		
Recepción de visitantes	4	4	16	4	16		
Flexibilidad	8	3	24	2	16		

**Figura 2. 15** Evaluación de arreglos alternativos  
**Fuente:** [15], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 92

### 2.2.7.8 Disposición seleccionada e instalación

El paso final es implementar el nuevo método. Debido al elevado número de factores que han de ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar una disposición en planta y el enorme número de cálculos y posibilidades en los problemas de disposición, la computadora juega un papel importante facilitando el desarrollo de los cálculos. Los programas desarrollados para asistir a la disposición de la

planta pueden utilizar criterios cuantitativos (debiendo ser especificadas entonces las matrices de distancia e intensidades de tráfico entre áreas) o cualitativos (en cuyo caso se utilizan escalas de prioridades de cercanía). [16]



**Figura 2. 16** Evaluación de arreglos alternativos  
**Fuente:** [15], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 90

## CAPÍTULO III

### 3.1 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

#### 3.1.1 Situación actual del sistema de producción

La empresa “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” se encuentra actualmente distribuida como se muestra en el **Plano 1: Planta de Manufactura Actual**. Como podemos observar tiene las características de un sistema de producción por procesos ya que las máquinas son costosas, fijas y siguen una secuencia lógica del proceso, además los operarios han sido capacitados para llevar a cabo las operaciones y la demanda del producto es intermitente. La maquinaria está distribuida solamente en base al criterio de los operarios; sin tomar en cuenta la optimización de espacios, reducción de tiempos de operaciones y distancias recorridas.

Es importante recalcar que dentro de la empresa hasta el momento no se ha realizado ningún tipo de estudio de movimientos de los sistemas de producción existentes, por lo que la realización del presente proyecto es de vital importancia para la empresa, con el fin de mejorar el sistema de producción de uno de los procesos más importante dentro de la misma.

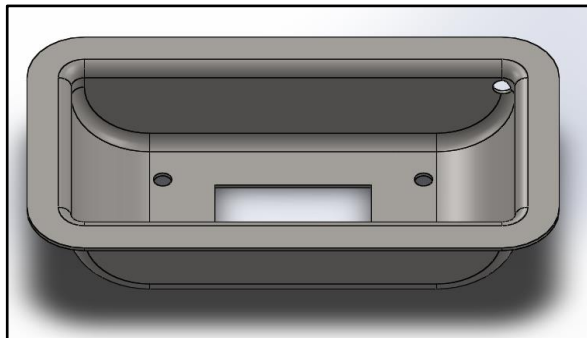
En el diagrama de recorrido actual de la empresa (ver **Plano 2: Diagrama de Recorrido Actual**) se puede observar que los puestos de trabajo están relativamente bien ubicados pero el análisis de las operaciones nos indicará si es necesario realizar cambios en la disposición de la planta o realizar otro tipo de cambios como el remplazo de maquinaria, capacitación de personal, mejoramiento de equipos etc.



### 3.1.2 Análisis de productos - cantidades

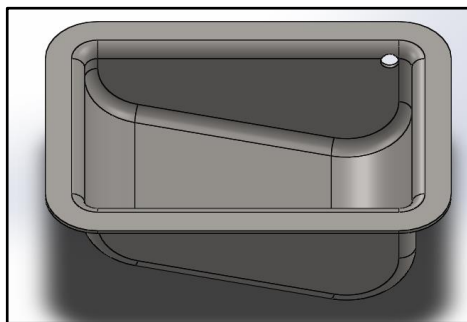
La materia prima utilizada para la fabricación de chapas de compuerta son planchas de acero AISI 1018, se utiliza este tipo de acero por sus propiedades mecánicas, físicas y químicas ya que este tipo de acero se utiliza para operaciones de formado y también por su facilidad para soldarlo. Todas las propiedades del acero AISI 1018 se muestran en el **Anexo 2**.

Cada chapa de compuerta consta de dos planchas embutidas; con las formas observadas en las **figuras 3.1 y 3.2** además en los **Planos 3A – 3B** se puede apreciar las dimensiones de las chapas embutidas, siendo el proceso de embutición el más importante para la fabricación de chapas de compuerta. Una carrocería tiene en promedio 8 compartimientos para almacenar equipaje, es decir que se necesitan el mismo número de chapas de compuerta.



**Figura 3. 1** Forma de la chapa de compuerta embutida 1

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 2** Forma de la chapa de compuerta embutida 2

**Fuente:** Elaborado por el autor

En la provincia de Tungurahua existen 20 empresas calificadas [1] que están dedicadas a la construcción de carrocerías las cuales fabrican en promedio una carrocería mensualmente. La empresa INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERIA provee de chapas de compuerta a 10 empresas de la ciudad de Ambato dependiendo de la producción de cada carrocería mensualmente se producen aproximadamente 80 chapas de compuerta.

Los tiempos tomados a las operaciones del sistema de producción de chapas de compuerta son tentativos; estos tiempos fueron registrados en las “tablas de tiempos cronometrados de las operaciones” las que fueron asignadas con los títulos de: recepción de la materia prima, embutido de planchas de acero, corte de excesos, soldado de bordes y acoples, pulido de partes y acoples, ensamble de partes y acoples, protección anticorrosiva, y almacenaje de chapas de compuerta. Los tiempos para cada operación son obtenidos con mediciones tomadas por cronometro y las del tiempo normal y estándar.

$$TN = \frac{\text{Tiempo trabajado}}{\text{Número de unidades producidas}} * \text{Índice de desempeño}$$

El índice de desempeño está a criterio del observador y varía dependiendo de la velocidad de trabajo del operario que puede ser: rápido > 100%, normal =100% o lento < 100%; entonces para la operación de “**recepción de materia prima**” el tiempo normal es:

$$TN = \frac{310 \text{ seg}}{10} * 95\%$$

$$TN = 29,5 \text{ seg}$$

Se obtiene el tiempo normal para determinar el tiempo estándar el que será utilizado para los demás cálculos y viene dado por la fórmula:

$$TE = TN * (1 + \text{Tolerancias})$$

$$TE = 29,5 * (1 + 14\%)$$

$$TE = 33,6 \text{ seg} = 0,093 \text{ h}$$

Los tiempos cronometrados así como los tiempos de todas las operaciones del sistema de producción se observan en los **Anexos 1A – II**

### **3.1.3 Descripción del sistema de producción actual de chapas de compuerta**



Para una mejor comprensión de las operaciones del sistema de producción, la descripción de las mismas está complementada por diagramas de recorrido y cursogramas analíticos. Las operaciones macro para la elaboración de chapas de compuerta son las descritas a continuación:

- Recepción de materia prima
- Embutido de chapas de compuerta
- Corte de exceso de planchas de compuerta
- Almacenamiento de matrices
- Soldado de partes y acoples
- Pulido de bordes y acoples
- Ensamble de chapas de compuerta
- Protección anticorrosiva
- Almacenaje de chapas de compuerta

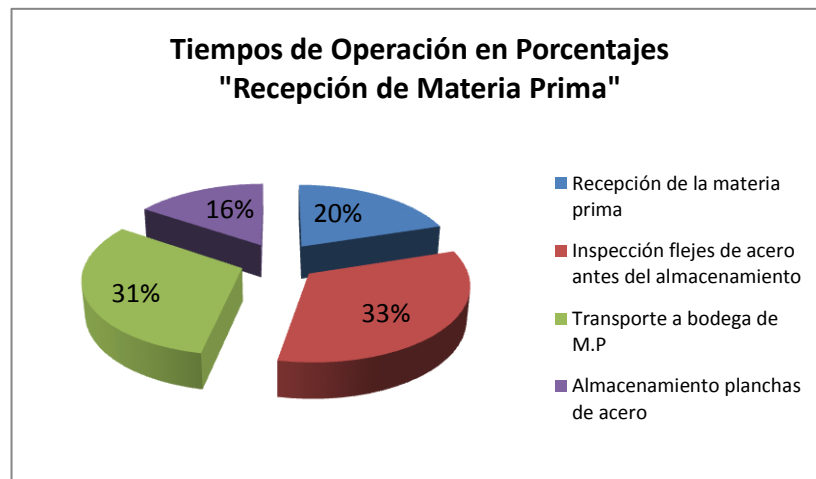
#### **3.1.3.1 Recepción de materia prima**

Esta operación se la realiza en el parqueadero de la empresa y es la primera operación en el sistema de producción. Se verifica que las planchas de acero cumplan con las dimensiones determinadas por la empresa al proveedor y se transporta a la bodega de materia prima. En el cursograma de la tabla 3.1 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.3 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.4.

**Tabla 3. 1** Cursograma analítico de la operación “recepción de materia prima”

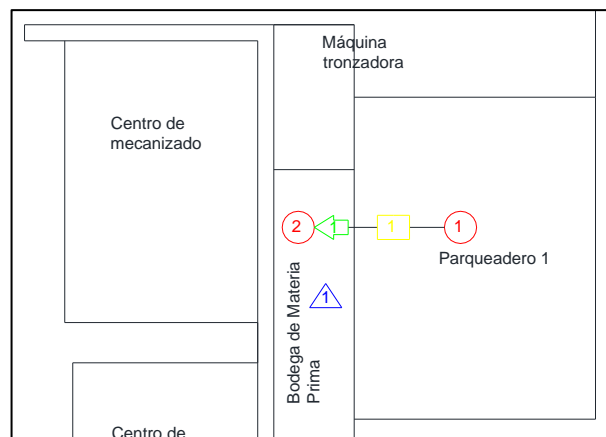
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>							
<b>Identificación de la operación:</b> Recepción de materia prima				<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual	<input type="checkbox"/> Método propuesto				
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta		<b>Fecha:</b> 22/03/2016				
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Recepción de la materia prima	10		0,093	<input checked="" type="checkbox"/>					Se receipta las planchas de acero previamente cortadas por el proveedor en el área de parqueo
Inspección flejes de acero antes del almacenamiento	10		0,153		<input checked="" type="checkbox"/>				Se inspecciona con un calibrador que las planchas de acero cumplan con las dimensiones especificadas.
Transporte a bodega de M.P	10	3	0,145				<input checked="" type="checkbox"/>		Se transporta las planchas de acero verificadas al área de bodega de materia prima
Almacenamiento planchas de acero	10		0,072					<input checked="" type="checkbox"/>	Se almacena las planchas de acero en la bodega de materias primas

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 3** Tiempos de Operación "Recepción de Materia Prima"

**Fuente:** Elaborado por el autor





**Figura 3.4** Diagrama de recorrido de la operación "recepción de materia prima"

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.1.3.2 Embutido de planchas de acero
















La matriz de embutición es transportada del área de almacenaje de matrices al troquel de embutido por medio de un coche hidráulico debido a que el peso de la matriz es demasiado para transportarla manualmente. En los cursogramas de las tablas 3.2 y 3.3 se pueden observar las actividades de estas operaciones y para una mejor visualización se realizó un diagrama de recorrido (fig. 3.7) y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.5 y fig. 3.6.

**Tabla 3. 2** Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 1”

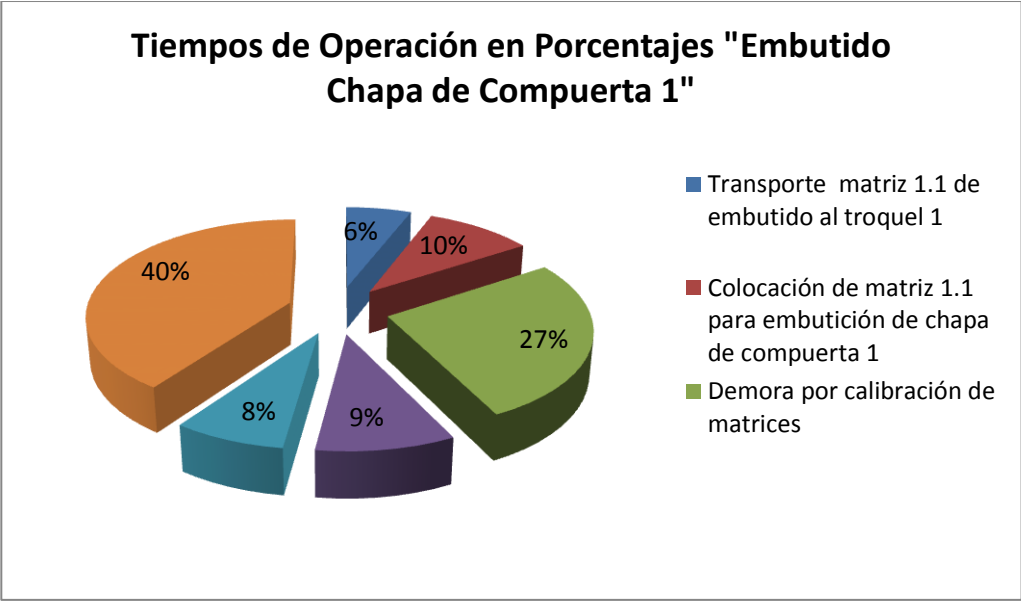
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
<b>Identificación de la operación:</b> Embutido chapa de compuerta 1			<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual		<input type="checkbox"/> Método propuesto				
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería		<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 23/03/2016				
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa			<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transporte matriz 1.1 de embutido al troquel 1	1	6,2	0,019	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se transportan la matriz 1.1 de embutición al troquel 1 (troquel de embutido)
Colocación de matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	1		0,031	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se coloca la matriz 1.1 de embutido en el troquel 1 (troquel de embutido)
Demora por calibración de matrices	1		0,085	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Demora por calibración y ajuste de la matriz 1.1 de embutición en el troquel 1 (troquel de embutido)
Transporte M.P. troquel 1	1	13,4	0,030	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente al troquel 1 (troquel de embutido)
Colocación M.P. matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	4		0,024	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se coloca las planchas de acero en las matrices de embutición
Embutido de planchas de acero	4		0,127	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Se embuten las planchas de acero con la matriz 1.1 en el troquel 1 (troquel de embutido)

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tabla 3. 3** Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 2”

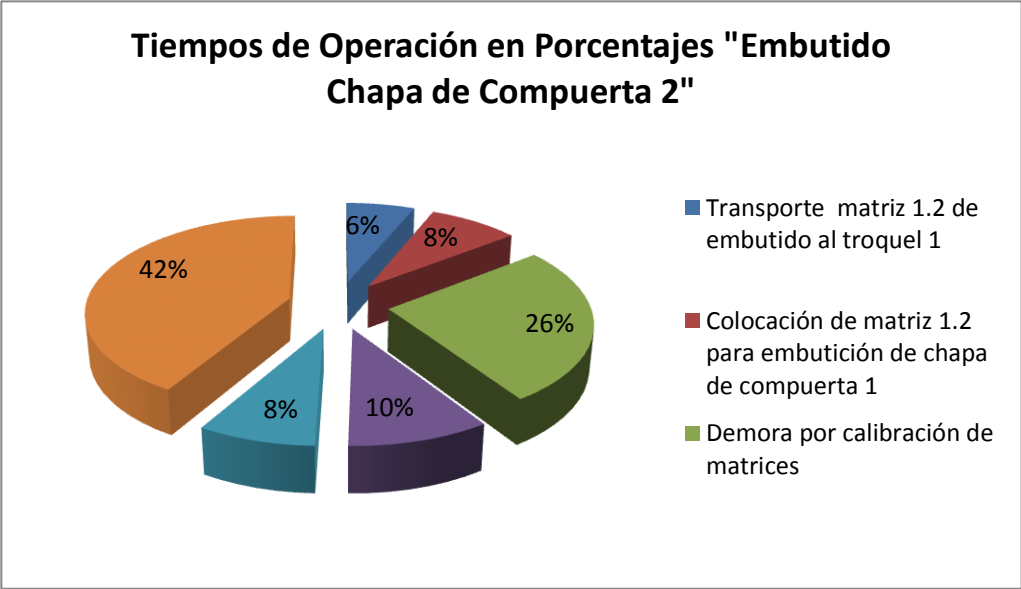
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
<b>Identificación de la operación:</b> Embutido chapa de compuerta 2				 Método Actual	 Método propuesto				
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 23/03/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa			<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe			<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte matriz 1.2 de embutido al troquel 1	1	6,2	0,020						Se transportan la matriz 1.2 de embutición al troquel 1 (troquel de embutido)
Colocación de matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 1	1		0,026						Se coloca la matriz 1.2 de embutido en el troquel 1 (troquel de embutido)
Demora por calibración de matrices	1		0,082						Demora por calibración y ajuste de la matriz 1.2 de embutición en el troquel 1 (troquel de embutido)
Transporte M.P. troquel 1	1	13,4	0,030						Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente al troquel 1 (troquel de embutido)
Colocación M.P. matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 1	4		0,025						Se coloca las planchas de acero en las matrices de embutición
Embutido de planchas de acero	4		0,130						Se embuten las planchas de acero con la matriz 1.2 en el troquel 1 (troquel de embutido)

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 5** Tiempos de Operación "Embutido Chapa de Compuerta 1"

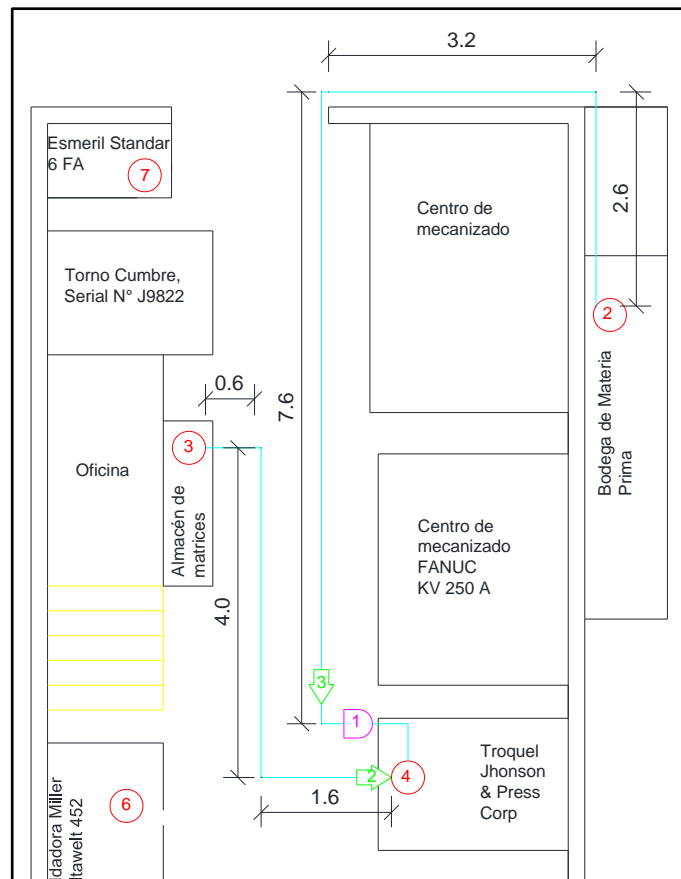
Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 3. 6** Tiempos de Operación "Embutido Chapa de Compuerta 2"

Fuente: Elaborado por el autor



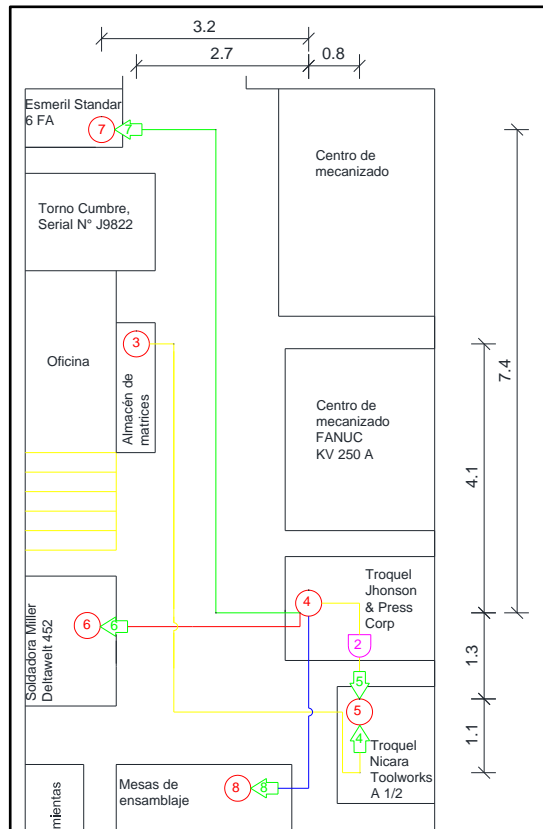


**Figura 3. 7** Diagrama de recorrido de la operación “embutido de planchas de acero”

**Fuente:** Elaborado por el autor

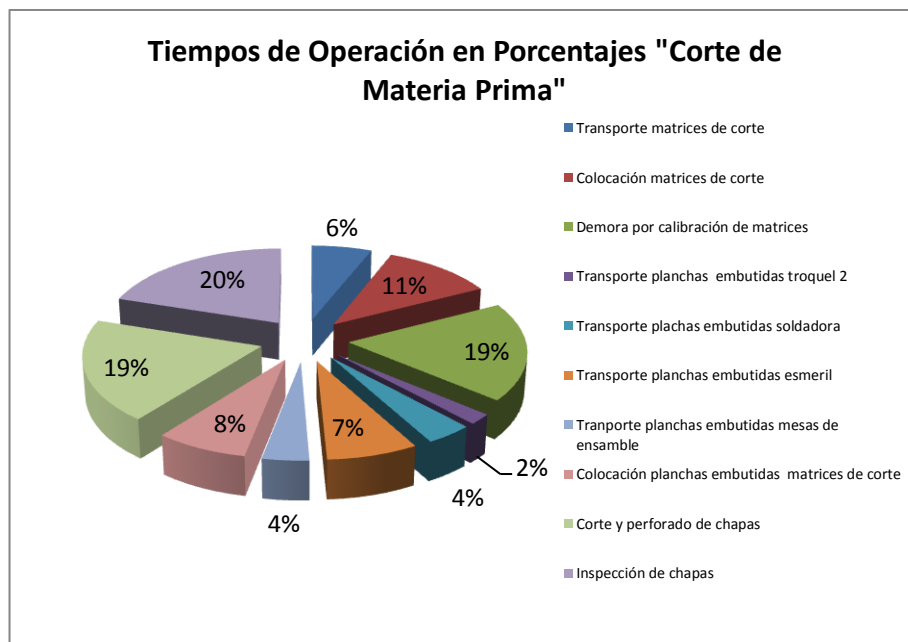
### 3.1.3.3 Corte de excesos

La matriz de corte es transportada con el coche hidráulico desde el área de almacenaje de matrices hacia el troquel de corte, donde es colocada, calibrada y ajustada. Una vez embutidas las planchas de acero y siendo previamente inspeccionadas son transportadas al troquel de corte donde se realiza el proceso de corte de exceso de material y perforado de agujeros necesarios para su posterior ensamble. . En el cursograma de la tabla 3.4 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.8 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.9.



**Figura 3. 8** Diagrama de recorrido de la operación “corte de planchas de acero”













**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 9** Tiempos de Operación "Corte de Materia Prima"

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tabla 3. 4** Cursograma analítico de la operación “corte de excesos”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 										
<b>Identificación de la operación:</b> Corte de exceso				<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual	<input type="checkbox"/> Método propuesto					
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 24/03/2016				
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transporte matrices de corte	1	8,1	0,021							Se transportan las matrices de corte y perforado al troquel 2 (troquel de corte)
Colocación matrices de corte	1		0,038							Se coloca las matrices de corte y perforado en troquel 2 (troquel de corte)
Demora por calibración de matrices	1		0,063							Demora por calibración y ajuste de las matrices de corte y perforado en el troquel 2 (troquel de corte)
Transporte planchas embutidas troquel 2	1	1,3	0,007							Se transportan las planchas de acero previamente embutidas al troquel 2 (troquel de corte)
Transporte plachas embutidas soldadora	1	2,7	0,013							Transporte manual de planchas embutidas a la soldadora
Transporte planchas embutidas esmeril	1	10,6	0,025							Transporte manual de planchas embutidas al esmeril
Transporte planchas embutidas mesas de ensamble	1	2,4	0,013							Transporte de planchas embutidas a mesas de ensamble
Colocación planchas embutidas matrices de corte	4		0,026							Se coloca las planchas previamente embutidas sobre las matrices de corte y perforado
Corte y perforado de chapas	4		0,065							Se cortan el exceso de material al mismo tiempo se realiza el proceso de perforado de las planchas de acero ya embutidas
Inspección de chapas	4		0,068							Se revisa que las dimensiones de las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas sean las requeridas para el ensamble de las chapas

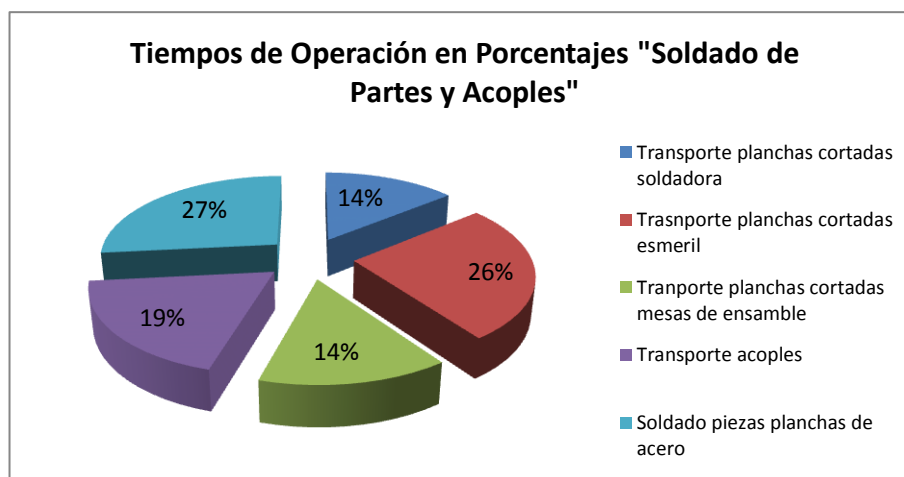
**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.1.3.4 Almacenamiento de matrices de embutido y corte

Una vez realizados los procesos de embutido, corte y perforado las matrices son desmontadas de los troqueles ya que estos son utilizados para diferentes procesos productivos y el operario necesita colocar otras matrices. Cuando las matrices son desmontadas se las transportada en el coche hidráulico al área de almacenaje.

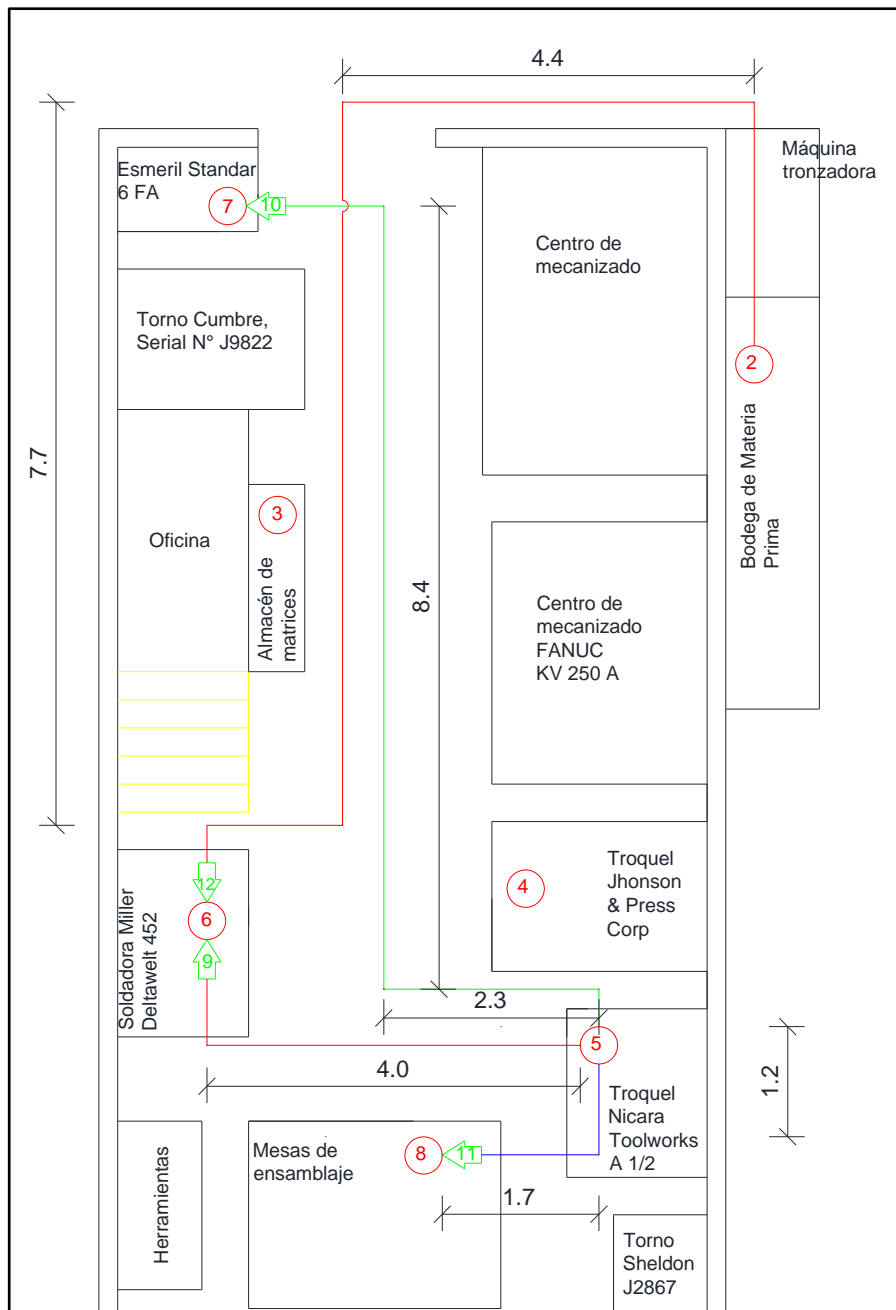
### 3.1.3.5 Soldado de partes y acoples

Con las planchas de acero embutidas, cortadas y perforadas se realiza el proceso de soldado. Las dos planchas de acero poseen diferentes partes soldadas así como el mecanismo de funcionamiento de la chapa de compuerta que está unido a la plancha de acero embutido por medio de una unión en U soldada a la misma. En el cursograma de la tabla 3.5 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.11 y el tiempo de las mismas en la fig. 3.10.



**Figura 3. 10** Tiempos de Operación "Corte de Materia Prima"








**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 11** Diagrama de recorrido de la operación “soldado de partes y acoples”

**Fuente:** Elaborado por el autor

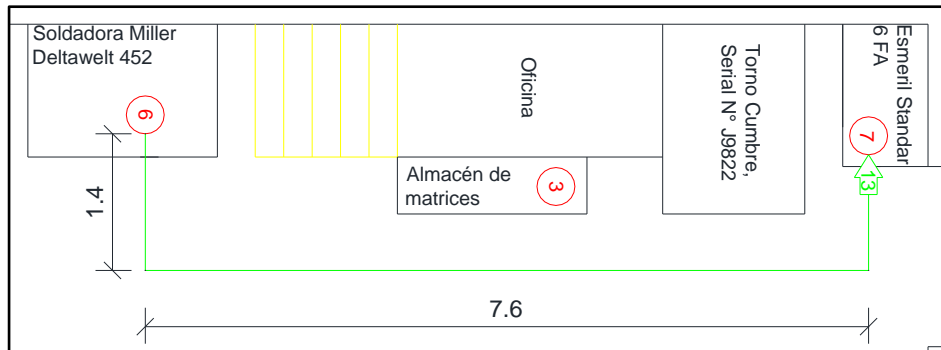
**Tabla 3. 5** Cursograma analítico de la operación “soldado de partes y acoples”

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
<b>Identificación de la operación:</b> Soldado de partes y acoples				<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual		<input type="checkbox"/> Método propuesto			
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 25/03/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transporte planchas cortadas soldadora	1	4,7	0,015						Se transporta las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas al área de soldadura
Trasnporte planchas cortadas esmeril	1	10,7	0,028						Transporte de planchas embutidas y cortadas al esmeril
Tranporte planchas cortadas mesas de ensamble	1	2,9	0,015						Transporte de planchas embutidas y cortadas a mesas de ensamble
Transporte acoples	1	14,7	0,020						Trasnporte de acoples y partes de la bodega de M.P. al área de soldado
Soldado piezas planchas de acero	4		0,029						Soldado del eje acoplador así como uniones y partes para el ensamble de las chapas de compuerta

**Fuente:** Elaborado por el autor

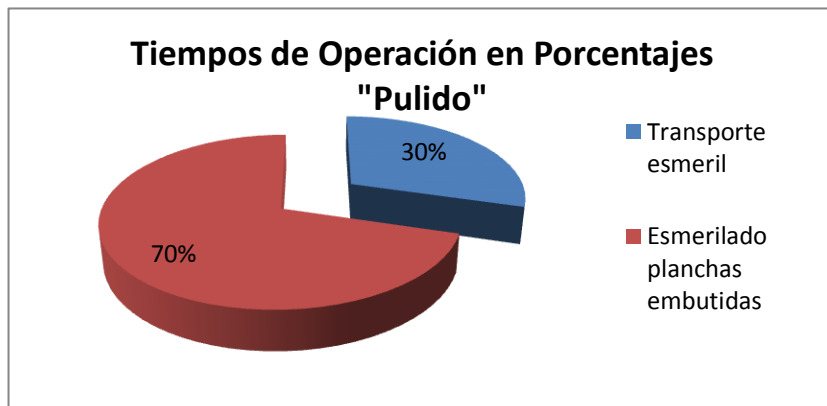
### 3.1.3.6 Pulido de bordes y acoples

El pulido es necesario para que las planchas de acero embutidas, cortadas y perforadas con sus respectivas partes soldadas se acoplen correctamente una a la otra y así no tener ningún tipo de problema al momento de ensamblarlas. El proceso consiste en transportar las planchas tomando en cuenta un tiempo prudente para poder manipularlas ya que después del proceso de soldado estas van a tener una temperatura elevada. En el esmeril se retira las rebabas, impurezas y exceso de material. En el cursograma de la tabla 3.6 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.12 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.13.



**Figura 3. 12** Diagrama de recorrido de la operación “pulido de planchas y acoples”










**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 13** Tiempos de Operación “pulido de planchas y acoples”

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tabla 3. 6** Cursograma analítico de la operación “pulido de planchas y acoples”

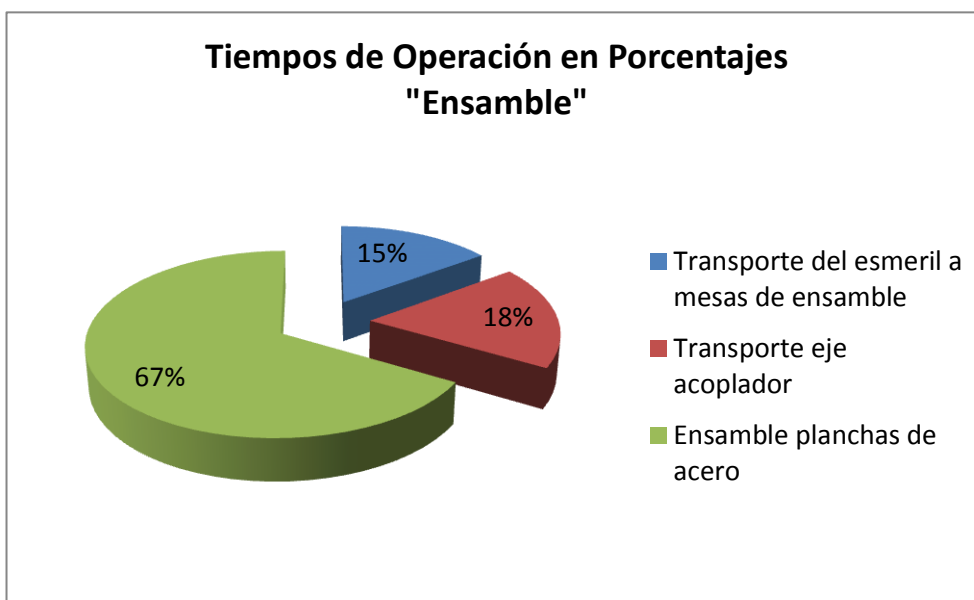
 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>                  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA             </div> 									
<b>Identificación de la operación:</b> Pulido de planchas y acoples				<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual			<input type="checkbox"/> Método propuesto		
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 26/03/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe			<b>Observador:</b> David Santana		
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte esmeril	1	9,2	0,020						Se transporta las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas y soldadas al esmeril
Esmerilado planchas embutidas	4		0,047						En esta operación se esmerila los bordes de las planchas cortadas y los cordones de soldadura

**Fuente:** Elaborado por el autor



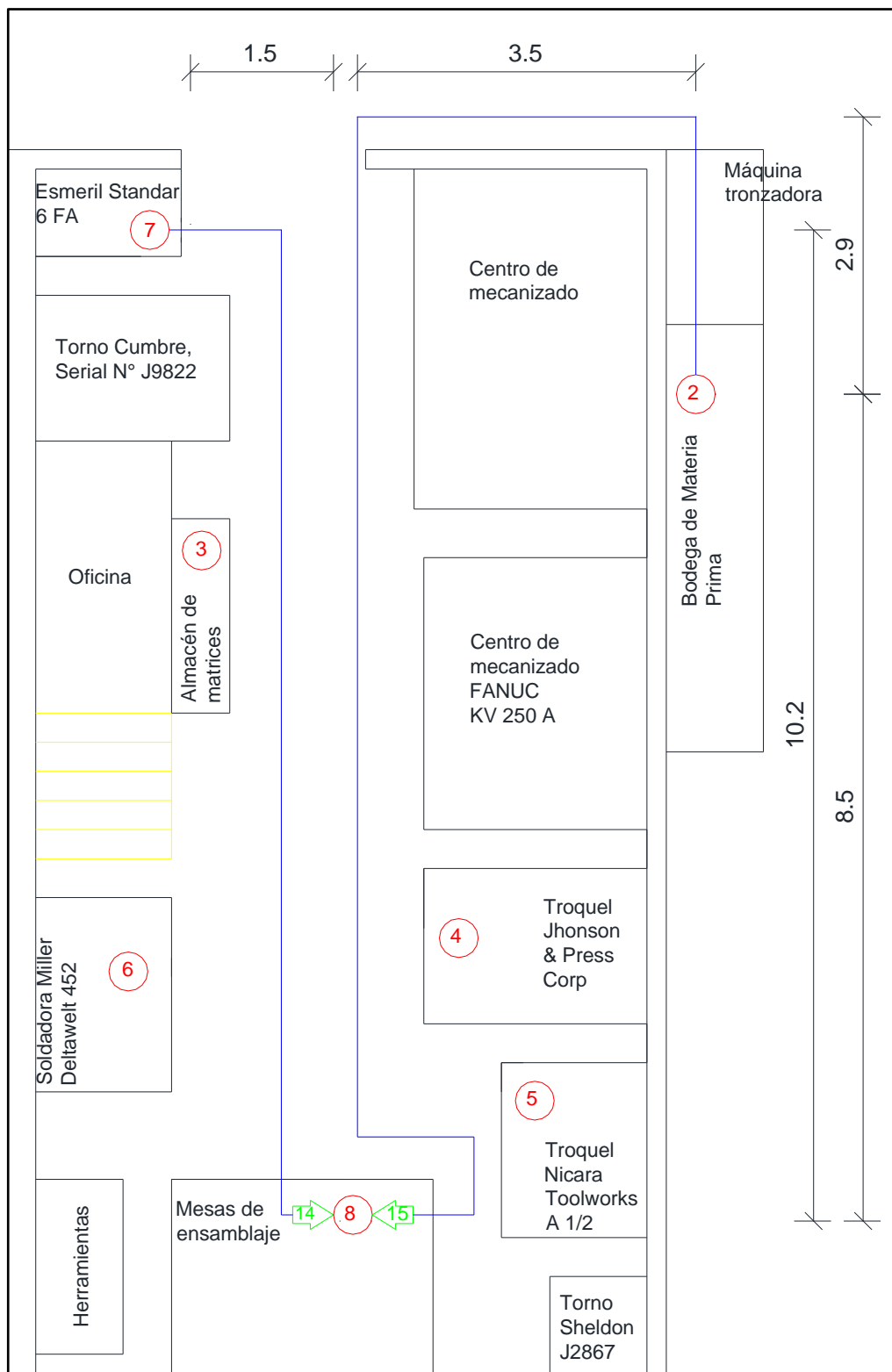
### 3.1.3.7 Ensamble de planchas de acero

Previo al ensamble de las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas, soldadas y pulidas se hace una inspección total de las mismas, verificando que no tengan ningún tipo de fallo o desperfecto que podría afectar el correcto ensamble y posterior funcionamiento de las chapas. Una vez verificado estos parámetros se ensamblan las planchas de acero con los componentes soldados en cada uno de las mismas. En el cursograma de la tabla 3.7 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.15 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.14.



**Figura 3. 14** Tiempos de Operación "Ensamble de Planchas de Acero"











**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 15** Diagrama de recorrido de la operación “ensamble de planchas de acero”

**Fuente:** Elaborado por el autor

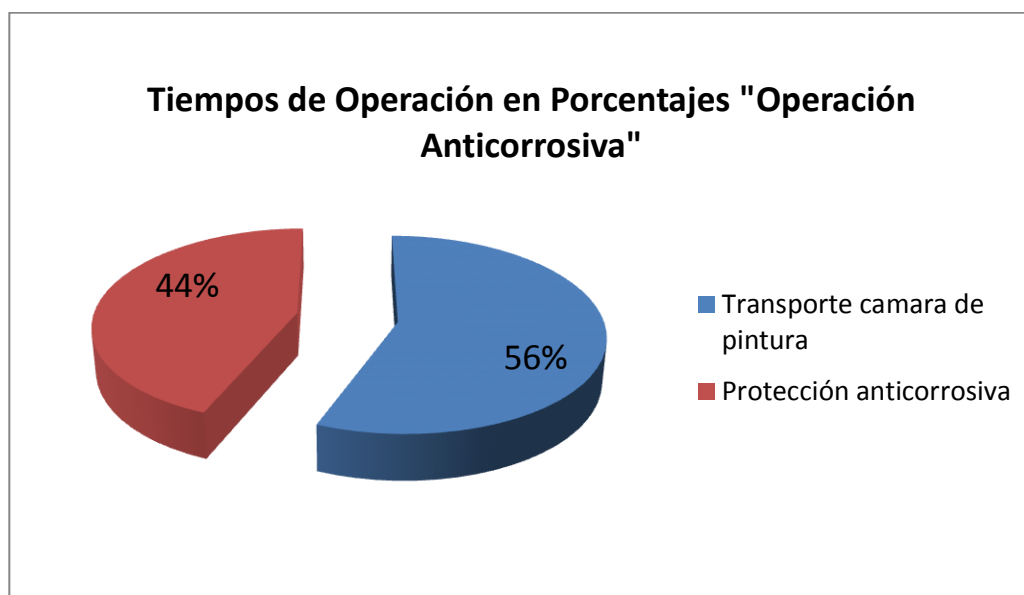
**Tabla 3. 7** Cursograma analítico de la operación “ensamble de planchas de acero”

 <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>                  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA             </div> 									
<b>Identificación de la operación:</b> Ensamble de planchas y acoples				<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual			<input type="checkbox"/> Método propuesto		
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 27/03/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe			<b>Observador:</b> David Santana		
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
28 Transporte del esmeril a mesas de ensamble	1	11,7	0,026						Se transportan las planchas de acero al área de ensamble
29 Transporte eje acoplador	1	14,9	0,032						Se transportan los acoples de la bodega de M.P. a las mesas de ensamble
30 Ensamble planchas de acero	4		0,116						Se ensamblas las planchas de acero para conformar las chapas de compuerta

**Fuente:** Elaborado por el autor

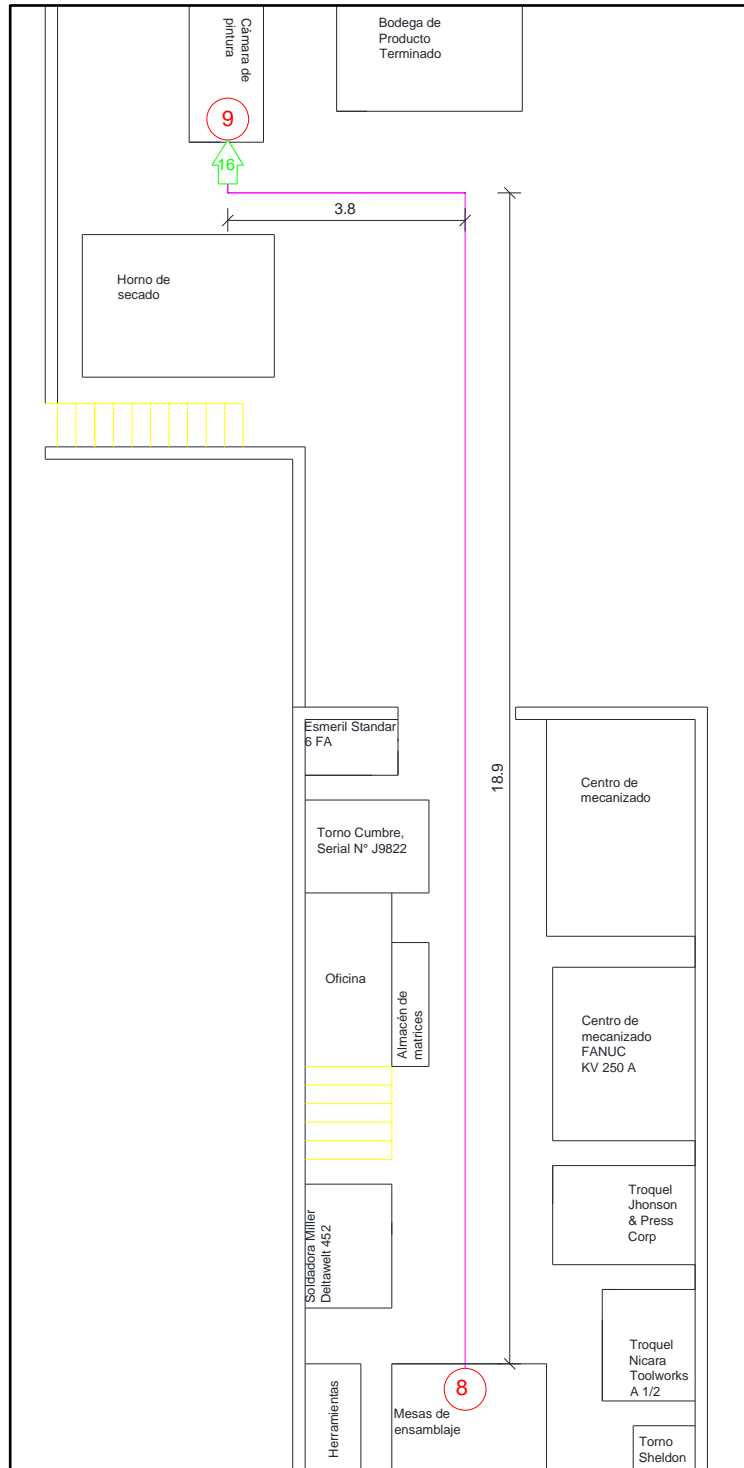
### 3.1.3.8 Protección anticorrosiva

Las chapas de compuerta son transportadas al área de pintura. Ya en la cámara de pintura son suspendidas mediante ganchos para darles una capa de protección anticorrosiva. El tropicalizado de apariencia amarillo iridiscente, es un acabado que se obtiene a partir de la aplicación del zinc (galvanizado) y la posterior aplicación de un cromado. Obteniendo un aumento en la resistencia contra la corrosión en las piezas galvanizadas. En el cursograma de la tabla 3.8 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.17 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.16.



**Figura 3. 16** Tiempos de Operación "Protección Anticorrosiva"





**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 17** Diagrama de recorrido de la operación “Protección anticorrosiva”

**Fuente:** Elaborado por el autor

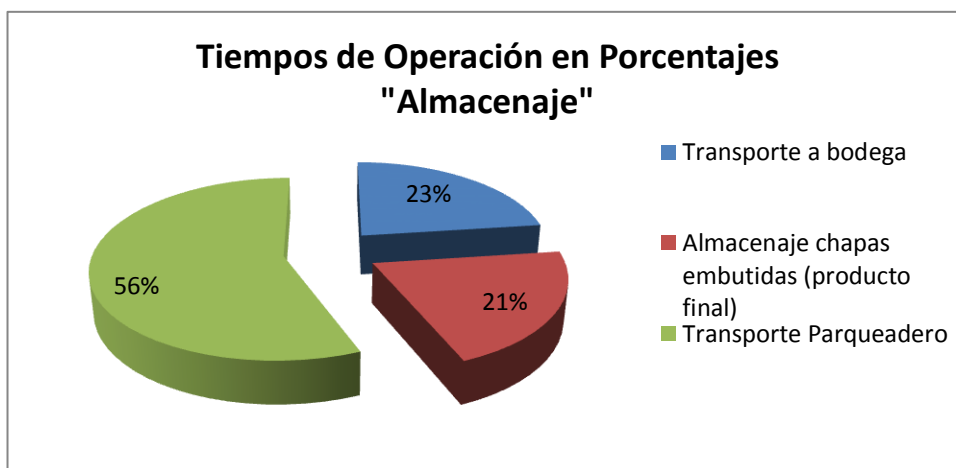
**Tabla 3. 8** Cursograma analítico de la operación “protección anticorrosiva”

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
		<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>							
<b>Identificación de la operación:</b> Protección anticorrosiva			<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual	<input type="checkbox"/> Método propuesto					
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería		<b>Producto:</b> Chapas de compuerta		<b>Fecha:</b> 28/03/2016					
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa			<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
31 Transporte camara de pintura	1	22,7	0,063						Se trasladan las chapas de compuerta al area de pintura, específicamente a la cámara de pintura
32 Protección anticorrosiva	4		0,049						Se desensambla las planchas de acero embutidas antes de poder darles una capa de protección anticorrosiva

**Fuente:** Elaborado por el autor

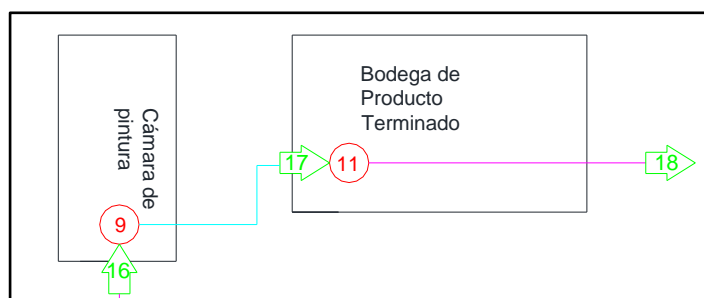
### 3.1.3.9 Almacenaje de chapas de compuerta

Antes del almacenaje se procede con una inspección total tanto del ensamble como del proceso de protección anticorrosiva. Verificadas las especificaciones requeridas por las carroceras para las chapas de compuerta y cumpliendo con las mismas, se procede a transportarlas al área de bodega de productos terminados para su posterior embarque y transporte a cada una de las carrocerías. En el cursograma de la tabla 3.9 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.19 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.18.



**Figura 3. 18** Tiempos de Operación “almacenaje y embarque de chapas”











**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 19** Diagrama de recorrido de la operación “almacenaje y embarque”

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tabla 3. 9** Cursograma analítico de la operación “almacenaje de chapas de compuerta”

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
<b>Identificación de la operación:</b> Almacenaje de chapas de compuerta				<input checked="" type="checkbox"/> Método Actual	<input type="checkbox"/> Método propuesto				
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta		<b>Fecha:</b> 29/03/2016				
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa			<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte a bodega	1	6,2	0,019						Se traslada las chapas de compuerta embutidas al área de bodega de productos terminados
Almacenaje chapas embutidas (producto final)	4		0,017						Se almacenan las chapas de compuerta embutidas en el área de productos terminados para su posterior embarque
Transporte Parqueadero	1	20	0,046						Transporte de chapas de compuerta de la bodega de P.T. al parqueadero

**Fuente:** Elaborado por el autor



### 3.1.4 Costo actual de producción de chapas de compuerta

El costo de producción de chapas de compuerta está dado principalmente por el tiempo invertido para la elaboración; por lo que este es el factor más determinante a tomar en cuenta para el análisis de costos. Las hojas de tiempos cronometrados de cada una de las operaciones en el proceso de producción de chapas de compuerta (ver **Anexo 1A – 1I**) son importantes ya que así podemos conocer el tiempo empleado en cada una de las operaciones.

Para determinar el costo de movimiento del material se debe considerar el sueldo del operario ya que es el tiempo del operario el que determina el costo de las chapas de compuerta. El sueldo de un operario en la empresa INGENIERIA DEL ACERO Y MATRICERIA es de 560 dólares mensuales, dato dado por el gerente de la empresa quien supo explicar que ese es el salario que percibe el operario considerando todos los beneficios de ley (décimo primero, décimo cuarto, fondos de reserva). Es decir que anualmente el sueldo de un operario en la empresa es de 6720 dólares/año. Entonces el cálculo de horas trabajadas por el operario es:

$$45 \frac{\text{Horas}}{\text{Semana}} * 48 \frac{\text{Semanas}}{\text{Año}} = 2160 \frac{\text{Horas}}{\text{Año}}$$

$$\frac{6720 \frac{\text{Dólares}}{\text{Año}}}{2160 \frac{\text{Horas}}{\text{Año}}} = 3,111 \frac{\text{Dólares}}{\text{Hora}}$$

Una vez obtenido el salario del operario en dólares por hora se calcula uno por uno los costos de operación por jornada de trabajo para la elaboración de cuatro chapas de compuerta; por ejemplo el costo de la operación “recepción de materia prima” está dado por:

$$\text{Costo} = TE * 3,111 \frac{\text{Dólares}}{\text{Hora}}$$

$$\text{Costo(Recepción M.T)} = TE(\text{Recepción M.T}) * 3,111 \frac{\text{Dólares}}{\text{Hora}}$$

$$\text{Costo(Recepción M.T)} = 0,093\text{Hora} * 3,111 \frac{\text{Dólares}}{\text{Hora}}$$



$$\text{Costo(Recepción M.T)} = 0,29 \$$$

Se realiza la misma operación para todas las operaciones del sistema productivo de chapas de compuerta. Ver **Anexo 3A – 3I**

### 3.1.4.1 Costo de operaciones del sistema de producción de chapas

La tabla 3.10 nos presenta la suma de los costos de operación en la cual podemos observar que el costo total de operaciones es de 6,03 \$ por jornada de trabajo.

**Tabla 3. 10** Costos de operación de los diferentes puestos de trabajo

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 		
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
Costos de operación del sistema de producción de chapas de compuerta		
	<b>Identificación de la operación</b>	<b>Costo de la operación</b>
1	Recepción de materia prima	\$ 1,44
2	Embutido chapa de compuerta 1	\$ 0,99
3	Embutido chapa de compuerta 2	\$ 0,97
4	Corte excesos	\$ 1,05
5	Soldado de partes y acoples	\$ 0,29
6	Pulido de planchas y acoples	\$ 0,18
7	Ensamble chapas de compuerta	\$ 0,54
8	Protección anticorrosiva	\$ 0,35
10	Almacenaje y embarque chapas de compuerta	\$ 0,21
	<b>Costo de operaciones</b>	<b>\$ 6,03</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.1.4.2 Costo de materia prima

El costo de la materia prima se lo toma del catálogo “DIPAC Productos de acero” sabiendo que las propiedades físicas para la embutición las tiene las planchas de acero laminadas en caliente. El costo de una plancha de acero laminado en caliente de 2440 x 1220 x 1.2 mm es de 35\$; de cada plancha se obtienen 72 planchas de acero de 200 x 200 mm. Entonces el costo por cada plancha de acero de 200 x 200 mm es de 0,51 \$. Como se mencionó anteriormente cada chapa de compuerta consta de dos planchas de acero; por lo que el costo de producción por materia prima para la producción diaria (4 chapas de compuerta) es de 4,10 \$.

### 3.1.4.3 Costo de transporte entre operaciones

#### 3.1.4.3.1 Diagrama desde – hacia

Con los costos de transporte y la ayuda de un software de libre acceso analizaremos el costo total actual de producción de chapas de compuerta en la empresa. Al ingresar los costos de transporte entre departamentos hay que tener en cuenta que dichos valores se deben introducir en el formato “Flujo/Costo unitario” como se observa en la figura 3.20. Hay que tomar en cuenta que a los transportes de la operación “embutido de chapa de compuerta 1” se suman los costos de transporte de la operación “embutido chapa de compuerta 2”.

		HASTA									
		Parqueadero	Bodega M.P.	Matrices	Troquel 1	Troquel 2	Soldadora	Esmeril	M. Ensamble	C. Pintura	Bodega P.T.
DESDE	Parqueadero	0	0,45								
	Bodega M.P.		0		0,19		0,06		0,1		
	Matrices			0	0,12	0,06					
	Troquel 1				0,12	0	0,02	0,04	0,08	0,04	
	Troquel 2				0,06		0	0,05	0,09	0,05	
	Soldadora						0	0,06			
	Esmeril							0	0,08		
	M. Ensamble								0	0,2	
	P. Anticorrosiva									0	0,05
	Bodega P.T.	0,14									

**Figura 3. 20** Diagrama desde – hacia del proceso de producción

**Fuente:** Elaborado por el autor

El acceso vehicular y peatonal (ver **Plano 4: Acceso vehicular Actual**) es un factor muy importante a tomar en cuenta ya que al no analizar estos factores el programa puede bloquear los accesos para disminuir el costo de producción lo que no es deseable. Además se debe determinar, departamento por departamento si son fijos o no ya que esto hace variar las disposiciones que puede o no adoptar la empresa. Se deben ingresar las coordenadas de cada uno de los departamentos de la siguiente forma: (1,1) siendo esta la representación de cada celda. El primer número representa la fila y el segundo la columna. El formato (3,9)-(4,10) representa el área rectangular comprendida entre las filas 3 y 4 y las columnas 9 y 10. Este formato es de gran ayuda ya que no se debe escribir coordenada por coordenada evitando equivocaciones (ver Fig. 3.21). Para realizar de forma más práctica la introducción de coordenadas se realiza un plano con coordenadas de la planta de manufactura como se puede observar en el **Plano 5: Coordenadas del sistema de producción actual**

Initial Layout in Cell Locations [e.g., {3,5}, {1,1}-{2,4}]	
	{14,13}-{17,16}
	{13,11}-{13,15}
	{7,12}-{7,13}
	{10,8}-{12,9}
	{11,6}-{12,7}
	{5,8}-{6,9}
	{5,16}-{6,17}
	{7,5}-{9,6}
	{3,27}-{4,29}
	{6,27}-{9,29}
	{1,1}-{4,21};{13,11}-{17,12}
	{7,14}-{9,16};{8,7}-{9,13};{7,7}-{7,11};{8,1}-{10,2};{8,3}-{9,4};{5,4}-{7,4};{6,5}-{6,7};{10,5}-{10,7};{10,10}-{12,10};{5,7}
	{14,17}-{17,29};{10,18}-{13,29};{5,18}-{5,29};{6,18}-{9,26};{1,26}-{4,26};{1,27}-{2,29}
	{13,16}-{13,17};{5,1}-{7,3};{11,1}-{12,2};{10,3}-{12,4};{11,5}-{12,5};{10,11}-{12,13};{10,14}-{12,17};{5,12}-{6,15};{5,5}-{5,6}
	{1,22}-{4,22};{7,17}-{9,19};{5,10}-{6,11}

**Figura 3. 21** Ingreso de coordenadas base de datos

**Fuente:** Elaborado por el autor

Department	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit	To Dep. 2 Flow/Unit	To Dep. 3 Flow/Unit	To Dep. 4 Flow/Unit	To Dep. 5 Flow/Unit	To Dep. 6 Flow/Unit	To Dep. 7 Flow/Unit	To Dep. 8 Flow/Unit	To Dep. 9 Flow/Unit	To Dep. 10 Flow/Unit
1	A. Parquadero	No	0	0.45								
2	B. Bodega M.P.	Yes		0		0.19		0.06		0.1		
3	C. Matrices	No			0	0.12	0.06					
4	D. Embutición	No			0.12	0	0.02	0.04	0.08	0.04		
5	E. Corte	No			0.06		0	0.05	0.09	0.05		
6	F. Soldado	No						0	0.06			
7	G. Pulido	No							0	0.08		
8	H. Ensamble	No								0	0.2	
9	I. Pintado	No									0	0.05
10	K. Bodega P.T.	No	0.14									0

**Figura 3. 22** Costos de transporte interdepartamentales en el proceso de producción

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.1.4.3.2 Simulación de la disposición de la planta

Una vez ingresados los costos de transporte, las coordenadas (**Plano 5: Coordenadas del sistema de producción actual**) de cada uno de los departamentos y escogidas las opciones en el recuadro “personalización de opciones de solución” aparece el layout actual de la planta, cada área es representada con una letra. Así el programa da como resultado el costo actual de movimientos entre áreas (ver fig. 3.23) donde nos indica que el costo de transporte entre áreas o puestos de trabajo es de \$ 17,18

Initial Layout for Ingeniería del acero y matriceria																			
r\c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
2	L																		
3	L																		
4	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
5	0	0	0	M	0	0	M	F	F	P	P	0	0	0	0	G	G	N	N
6	0		0	M	M	M	M	F	F	P	P	0	0	0	0	G	G	N	N
7	0	0	0	M	H	H	M	M	M	M	M	C	C	M	M	M	P	P	N
8	M	M	M	M	H	H	M				M	M			M	P		P	N
9	M		M	M	H	H	M	M	M		M	M	M	M	M	P	P	P	N
0	M	M	0	0	M	M	M	D	D	M	0	0	0	0	0	0	0	N	N
1	0	0			0	E	E	D	D	M	0						0	N	
2	0	0	0	0	0	E	E	D	D	M	0	0	0	0	0		0	N	
3	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	B	B	B	0	0	N	
4	L										L	A	A	A	A	N			
5	L										L	A			A	N			
6	L										L	A			A	N			
7	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	A	A	A	A	N	N	N
<b>Total Cost =17,18</b> (Euclidian Distance)																			

Figura 3. 23 Distribución actual de la empresa

Fuente: Elaborado por el autor

Dónde:

- A = Parqueadero
- B = Bodega de materia prima
- C = Almacén de matrices
- D = Troquel de embutido

- E = Troquel de corte
- F = Área de soldadura
- G = Pulido planchas de acero
- H = Ensamble chapas de compuerta
- I = Cámara de pintura
- K = Bodega Producto Terminado
- L = Edificios que rodean a la planta
- M = Pasillos planta industrial
- N = Patios de la empresa
- O = Máquinas
- P = Escaleras

Una vez conocido el costo de transporte con la disposición actual de la empresa se despliegan las iteraciones con las posibles disposiciones de cada uno de los puestos de trabajo (haciendo clic en el botón “iterations”), del sistema de producción de chapas de compuerta; que en este caso son 8 posibles distribuciones sin incluir la mejor disposición en cuanto a costos, como se puede observar en el **4A – 4F**. Al final de las iteraciones el programa arroja la disposición final de la empresa tomando en cuenta el costo mínimo de transporte entre puestos de trabajo (ver **Anexo 4G**).

Cabe recalcar que la disposición final arrojada por el simulador (ver **Anexo 4G**) no es la más óptima; pese a que el programa considera la posición de los puestos de trabajo y si estos son fijos o no, el programa no considera varios aspectos como por ejemplo: el riesgo de acercar áreas de trabajo (área de soldadura – área de pintura) tanto para el operario como para el producto, obstaculizar otros sistemas de producción de la empresa o la implementación de maquinaria diferente para agilizar la realización de determinados procesos.

El costo total es de 27,31 \$ por cuatro chapas de compuerta elaboradas en una jornada de trabajo (Ver Tabla. 3.11); es decir que el costo actual por una chapa embutida de compuerta es de 6,83 \$.

**Tabla 3.11** Costos totales del sistema de producción actual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA		
1	Costo de operaciones	6,03
2	Costo de materia prima	4,1
3	Costo de transporte	17,18
	<b>Costo Total</b>	<b>27,31</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

Para tener en consideración los aspectos antes mencionados se desarrollará el método de planeación sistemática de la distribución de Muther (PSD).

### **3.2 DESARROLLO DEL MÉTODO DE PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCION DE MUTHER (PSD) PARA LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA”**

#### **3.2.1 Diagrama de relaciones**

En esta etapa se establecen las relaciones entre las diferentes áreas, para posteriormente elaborar un diagrama de relaciones. El primer paso en la elaboración del diagrama de relaciones es elaborar un listado de razones para calificar las relaciones entre áreas.

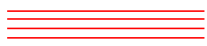
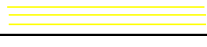
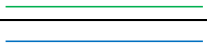


**Tabla 3. 12** Listado de razones

CÓDIGO DE RAZONES	
CÓDIGO	RAZON
1	Utilización herramientas comunes
2	Seguridad del operario
3	Control de operaciones
4	Integridad del producto
5	Procesos similares
6	Procesos en secuencia
7	Accesibilidad

**Fuente:** Elaborado por el autor

La Tabla 3.13 muestra la relación que existe entre las distintas áreas de producción considerando que entre las operaciones de embutido, soldado, esmerilado deben tener una relación A, E, I por la relación que tienen con el ensamble de las chapas de compuerta. También hay que considerar que el área de pintura debe ser independiente de las demás área para preservar la seguridad del operario y la integridad del producto.

**Tabla 3. 13** Valores de relación escala 4 -1

Relaciones de Actividades	Calificación de cercanía	Valor	Línea de diagrama	Color
Absolutamente necesaria	A	4		Rojo
Especialmente necesaria	E	3		Amarillo
Importante	I	2		Verde
Ordinario	O	1		Azul
No importante	U	0		
No deseable	X	-1		Café

**Fuente:** Elaborado por el autor

El número de alternativas para la nueva disposición de la planta dependerá del criterio del investigador y del listado de razones por las que un área o puesto de trabajo puede o no tener una relación de proximidad. Para nuestro caso se propone dos posibles disposiciones:

- **Alternativa A**

En esta alternativa se propondrá solamente la redistribución de las áreas o puestos de trabajo teniendo en cuenta las restricciones dadas por la tabla 3.12, esta sería la alternativa más práctica a implementar; ya que redistribuir la maquinaria es relativamente factible y no se requerirían recursos adicionales.



**Tabla 3. 14** Relación de áreas Alternativa A

DE		A								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Parqueadero	A 6,7	U	U	U	U	U	U	U	O 7,0
2	Bodega M.P.		U	E 6,7,	U	I 7	U	I 7	U	U
3	Almacén Matrices			E 6,1	E 6,1	U	U	U	U	U
4	Troquel Embutido				A 6,3,5	U	U	O 1,3	U	U
5	Troquel Corte					I 6	O 5	U	U	U
6	Soldadora						E 6,3,2	X 4	U	U
7	Esmeril							I 6	X 4	U
8	Mesas Ensamble								I 6	U
9	Cámara de Pintura									O 7,4
10	Bodega P.T.									

**Fuente:** Elaborado por autor

- **Alternativa B**

La alternativa B adicional a la redistribución de la planta, se propone implementar una prensa hidráulica para los procesos de embutido y corte, y así disminuir costos, tanto de transportes como de operación.

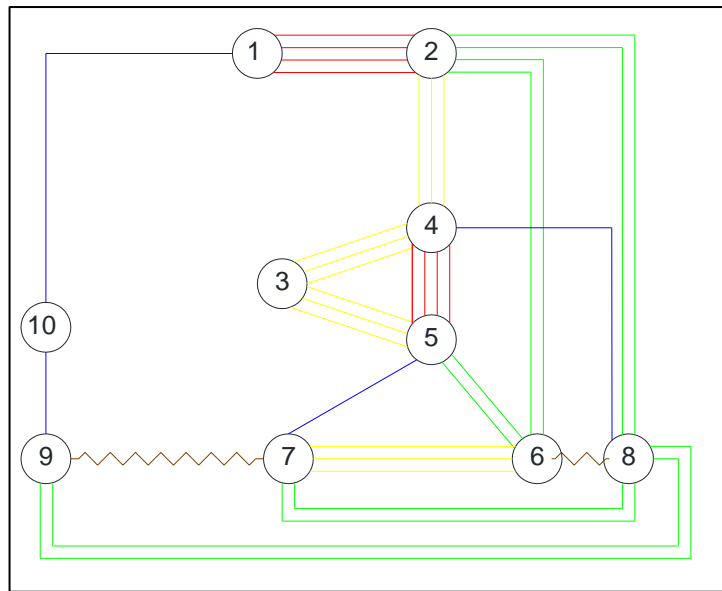
**Tabla 3. 15** Relación de áreas Alternativa B

DE		A							
		2	3	4	5	6	7	8	9
1	Parqueadero	A 6,7	U	U	U	U	U	U	O 2,7
2	Bodega M.P.		U	E 6,7,	U	I 7	I 7	U	O 5
3	Almacén Matrices			E 6,1	U	U	U	U	U
4	Prensa Hidráulica				I 3,6	I 3,6	I 3,6	O 1,3	U
5	Soldadora					A 6,3,5	O 5	U	U
6	Esmeril						O 5	X 4	U
7	Mesas Ensamble							I 6	X 4
8	Cámara de Pintura								I 6
9	Bodega P.T.								

**Fuente:** Elaborado por autor

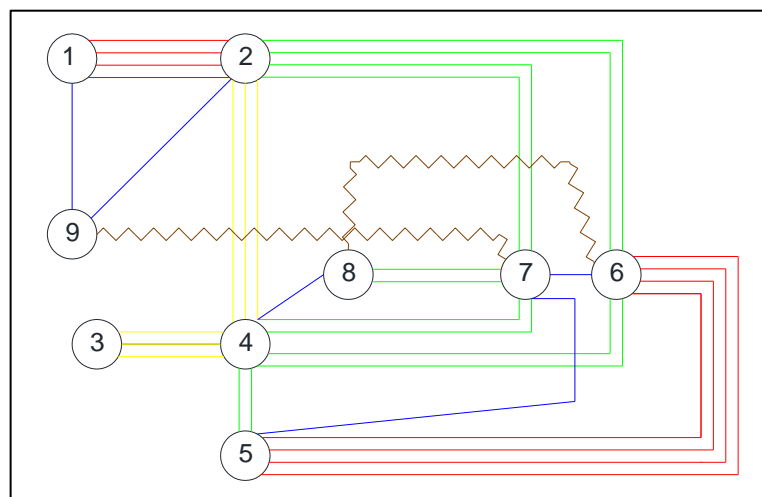
### 3.2.2 Diagrama racional de áreas funcionales

Utilizando la relación de áreas de la empresa y el cuadro de valores de relación; se realiza el diagrama racional de áreas funcionales ya que en el cuadro de valores se especifica el tipo de línea para unir las diferentes áreas, con su respectivo código de colores; con lo que procedemos a realizar el diagrama de valoración de actividades.



**Figura 3. 24** Diagrama de relación de actividades Alternativa A

**Fuente:** Elaborado por autor



**Figura 3. 25** Diagrama de relación de actividades Alternativa B

**Fuente:** Elaborado por autor


### 3.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

#### 3.3.1 Aspectos de ponderación

Se realiza una evaluación de los factores más determinantes a considerar al momento de elegir una de las dos opciones; estos son: distancia a trasladarse entre áreas o puestos de trabajo, eficiencia de la maquinaria, adaptación a los demás sistemas de producción de la empresa, facilidad para la supervisión, seguridad del operario, efectividad en el manejo de la materia prima, capacidad para expansiones futuras del sistema de producción, conveniencia de cercanía entre áreas o puestos de trabajo, facilidad de acceso a las áreas o puestos de trabajo

También se debe establecer la importancia relativa de estos factores mediante un sistema de ponderaciones con escala 0 a 10.

**Tabla 3. 16** Sistema de ponderación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
Factores mas determinantes		
	Aspectos	Ponderación
1	Distancia a trasladarse entre áreas o puestos de trabajo	4
2	Eficiencia de la maquinaria	8
3	Adaptación a los demás sistemas de producción de la empresa	4
4	Facilidad para la supervisión	3
5	Seguridad del operario	8
6	Efectividad en el manejo de la materia prima	6
7	Capacidad para expansiones futuras del sistema de producción	5
8	Conveniencia de cercanía entre áreas o puestos de trabajo	6
9	Facilidad de acceso a las áreas o puestos de trabajo	7

**Fuente:** Elaborado por autor

### 3.3.2 Valoración de los aspectos de ponderación

La valoración califica cada uno de los factores determinantes según estos satisfacen o no a cada uno de los aspectos anteriormente mencionados; como se muestra en la tabla 3.17. Para calificar las alternativas según satisfacen cada factor. Muther (1973) sugiere una escala de 4 a -1 siendo 4 un resultado casi perfecto; 3 especialmente bueno; 2 importante; 1 ordinario o común; 0 sin importancia; -1 no aceptable. [10]

**Tabla 3. 17** Valoración de aspectos de ponderación

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
Valoración de aspectos de ponderación		
1	Resultado casi perfecto	4
2	Especialmente bueno	3
3	Importante	2
4	Ordinario o común	1
5	Sin importancia	0
6	No aceptable	-1

**Fuente:** Elaborado por autor

### 3.3.3 Evaluación de disposiciones alternativas

La valoración de los aspectos se multiplica a la ponderación de cada uno de ellos para al final sumar todos los valores y el valor más alto indica la mejor alternativa; y así conocer la alternativa que se va a implementar como se observa en la Tabla 3.18.

**Tabla 3. 18** Resultado de análisis de ponderación

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 						
EVALUACION DE ALTERNATIVAS						
EMPRESA:	INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA	ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B	
PROYECTO:	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA					
FECHA:	11/04/2016					
ANALISTA:	DAVID SANTANA					
ASPECTO O FACTOR		PESO	VALORES Y VALORES PONDERADOS			
Distancia a trasladarse entre áreas o puestos de trabajo		4	2	8	2	8
Eficiencia de la maquinaria		8	3	24	4	32
Adaptación a los demás sistemas de producción de la empresa		4	2	8	3	12
Facilidad para la supervisión		3	1	3	1	3
Seguridad del operario		8	2	16	2	16
Efectividad en el manejo de la materia prima		6	2	12	3	18
Capacidad para expansiones futuras del sistema de producción		5	3	15	3	15
Disponibilidad económicaConveniencia de cercanía entre áreas o puestos de trabajo		6	2	12	3	18
Facilidad de acceso a las áreas o puestos de trabajo		7	2	14	4	28
<b>TOTAL</b>				112		150

**Fuente:** Elaborado por autor

Una vez realizado el análisis para la selección de la alternativa podemos asegurar que la mejor alternativa es la B; es decir implementar una prensa hidráulica para los procesos de embutido y corte, y así disminuir costos, tanto de transportes como de operación.

### 3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### 3.4.1 Antecedentes de la propuesta

“INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” es una empresa conformada en sociedad anónima, la cual tiene como gerente general al señor Juan de Dios Guamanquispe mismo que es el encargado de controlar las operaciones de producción y al Ingeniero Cristian Pérez como jefe de producción y diseño, además de tres operarios encargados de las operaciones a realizarse dentro de la empresa.

En cuanto a máquinas para la producción la empresa cuenta con:

- Máquina erosionadora por penetración CHAVALER Modelo DM 540
- Taladro de pedestal Wilton Modelo N° 5816
- Taladro de pedestal Rong Long Shinetool Model RLD – 19
- Taladro de pedestal Clausin, Kalamazo Model 2286
- Fresa Bridgeport Machine Serial N° J 9822
- Torno Sheldon Machine
- Torno Cumbre Serial N° 11023
- Troquel Loshbouch Jordan
- Troquel Niagara Machine & Toolworks A 3 1/2
- Troquel Johnson Machine & Press Corp
- Soldadora Miller Deltaweld 452
- Soldadora Miller Millermatic 2252
- Centro de mecanizado (CNC) Fanuc KV40A
- Rectificadora Haring Super 612
- Afilador de brocas Black Diamond Black & Webster 219
- Compresor Powermate Model PLA3706056
- Compresor Campbell Havsfeld Model VT619504AI
- Esmeril Standard Tipo 6FA
- Equipo de pintura electroestática MED

El sistema de producción de chapas de compuerta actual utiliza una máquina troqueladora para el proceso de embutición, dicha máquina realiza la embutición intermitentemente (diez golpes en 1,5 segundos); es decir que el proceso tarda alrededor de quince segundos evidenciando la ineficacia de utilizar esta máquina para este proceso.

Al contrario del troquel una prensa hidráulica realiza una embutición progresiva que tarda alrededor de 10 segundos en realizar el proceso de embutición.

### **3.4.2 Datos informativos**

En la empresa “Ingeniería del acero y Matricería” se cuenta con una prensa hidráulica manual de gato hidráulico invertido. Dicha prensa se utiliza en operaciones en las que la fuerza requerida sea de un máximo de cuatro toneladas, haciéndola inútil para el proceso de embutido de chapas de compuerta.

### **3.4.3 Análisis de factibilidad**

Los proveedores de la empresa en su gran mayoría son: “Dipac productos de acero” y “Prometal” en lo que se refiere a materiales y “Böhler Andina” referente a herramientas para torneado, taladrado, fresado, roscado y otros.

Los materiales utilizados en cada uno de los procesos varían dependiendo del sistema de producción. Los materiales utilizados para la producción son: planchas de acero AISI 1018, acero inoxidable, aceros rápidos, aceros para trabajo en frío, aceros para trabajos en caliente, aceros para moldes de plástico, fundición gris, tubos de diferentes diámetros y espesores, perfiles estructurales, ejes de transmisión, electrodos revestidos de diferentes aleaciones, rollos de alambre para soldadora MIG/MAG, brocas, piedras de desbaste, piedras de pulido, machuelos, tarrajas, cuchillas, porta insertos interiores, inserto CVD, inserto PVD, fresas de carburo punta redonda, plana y helicoidales para mecanizado de todos tipo de metales, guillotinas, discos de corte.

La embutición en frío de planchas de acero es uno de los procesos más utilizados dentro de la empresa, ya que mediante este proceso se obtiene varias piezas utilizadas en la elaboración de una carrocería (chapas de compuerta).

Los procesos productivos que se realizan dentro de la empresa " INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA " son diversos ya que la maquinaria existente es variada, se puede realizar operaciones de:

- Torneado de diferentes piezas sea para el sector carrocerero como para el sector metalmecánico.
- Fresado de piezas y partes (ángulos, uniones, acoples, etc) del sector carrocerero y desbastado de planchas de acero previo a su utilización para la elaboración de matrices en el centro de mecanizado.
- Perforado de partes y piezas para el sector carrocerero y metalmecánico.
- Mecanizado de planchas de acero para una gran variedad de productos especialmente matrices para diferentes sectores (calzado, eléctrico, construcción, carrocerero).
- Troquelado de planchas de acero para embutir o cortar con las matrices previamente fabricadas.
- Pintado electroestático tanto de partes de carrocerías (puertas, ventanas, chapas de compuerta) como del sector metalmecánico.

La implementación del sistema de producción de chapas de compuerta tiene una gran factibilidad, ya que la empresa cuenta con los procesos necesarios para desarrollar este proyecto y con la maquinaria adecuada para adaptar algunos componentes a la prensa de gato invertido y lograr la fuerza requerida para la embutición de chapas de compuerta.

Además como se mencionó anteriormente la empresa cuenta con: una prensa de columnas con gato invertido, planchas de acero de cuarenta milímetros de espesor, un pistón hidráulico con sus respectivas mangueras y acoples. Todos estos componentes serán de gran utilidad al momento de adaptar la maquina al proceso de embutido.

#### **3.4.4 Fuerza requerida para la embutición**

La fuerza que se necesita para el embutido de las planchas de acero [6] viene dada por la fórmula:

$$F_e = \pi * d * s * K * f \quad (\text{Ec. 3.1})$$



Siendo:

$d$  = diámetro interior de la plancha embutida (mm)

$s$  = espesor de la chapa (mm)

$k$  = resistencia mecánica del acero (Kg/mm<sup>2</sup>)

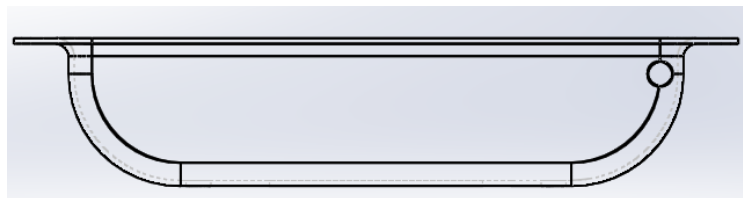
$f$  = factor de relación de embutición

$d/D$	0,55	0,575	0,6	0,625	0,65	0,675	0,7	0,725	0,75	0,775	0,8
$f$	1	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

**Figura 3. 26** Tabla para cálculo de la fuerza de embutición

**Fuente:** [17], Procesos Industriales, (2006), Pág. 223

Entonces para la plancha embutida 1 la fuerza requerida es de:



**Figura 3. 27** Conformado plancha embutida 1

**Fuente:** Elaborado por el autor

$D = 204$  mm

$d = 173$  mm

$$f = d/D$$

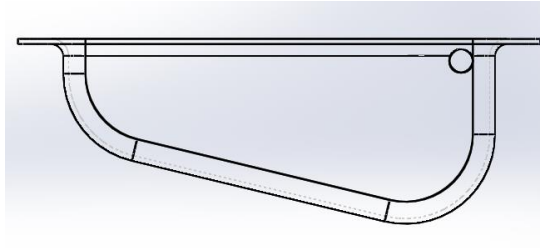
$$f = 0,4$$

$$F_e = \pi * 173mm * 1,5mm * 70 \frac{kg}{mm^2} * 0,4$$

$$F_e = 22826,81220 \text{ Kg}$$

$$F_e = 22,826 \text{ Tn} \approx 25 \text{ Tn}$$

Para la plancha embutida 2 la fuerza requerida es de:



**Figura 3. 28** Conformado plancha embutida 2

**Fuente:** Elaborado por el autor

$$D = 155 \text{ mm}$$

$$d = 127 \text{ mm}$$

$$f = d/D$$

$$f = 0,4$$

$$F_e = \pi * 155\text{mm} * 1,5\text{mm} * 70 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} * 0,4$$

$$F_e = 20451,76817 \text{ Kg}$$

$$F_e = 20,451 \text{ Tn} \approx 21 \text{ Tn}$$

Una vez determinada la fuerza de embutición para las chapas de compuertas concluimos que la fuerza de avance de pistón máxima requerida es de 25 Tn, pero como se debe tener un factor de seguridad la fuerza de embutición dada por el sistema hidráulico será de 30 Tn.

### 3.4.5 Análisis estructural

En este punto se analizará de una manera muy general los esfuerzos generados en la estructura de la prensa, desplazamiento máximo y el factor de seguridad al momento de ejercer la fuerza máxima (30 Tn); ya que las matrices en si ya fueron diseñadas y elaboradas hacer un análisis de esfuerzos en ellas sería redundar. El factor de seguridad está dado por la fórmula:

$$\text{Factor de seguridad (FDS)} = \frac{\sigma_{Lim}}{\sigma_{VM}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Siendo  $\sigma_{Lim}$  la resistencia a la fluencia del material que para el caso del acero es de 250 Mpa y el esfuerzo de Von Mises lo obtendremos con ayuda de un software basado en elementos finitos.

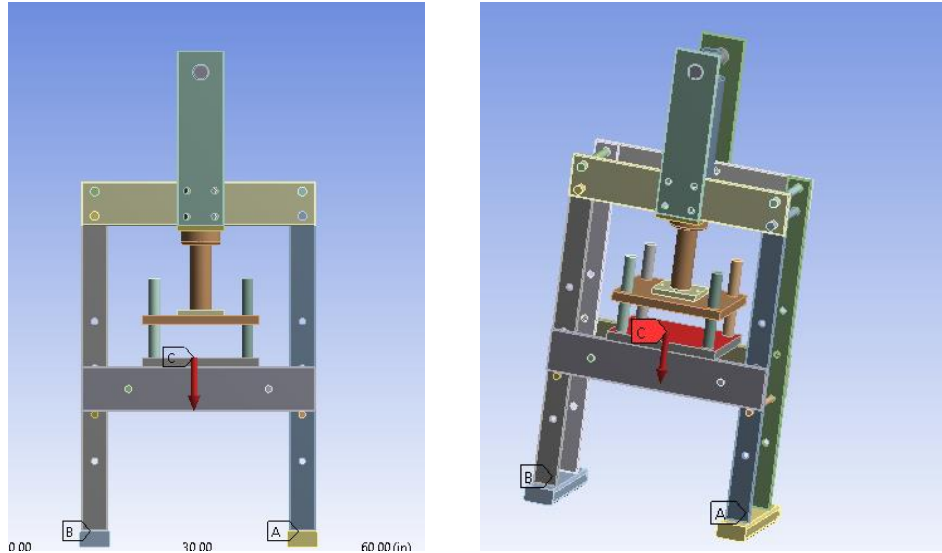
El factor de seguridad está sujeto a varias interpretaciones de diseño las cuales son:

Un factor de seguridad inferior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación ha fallado.

Un factor de seguridad de 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación ha empezado a fallar.

Un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación es seguro.

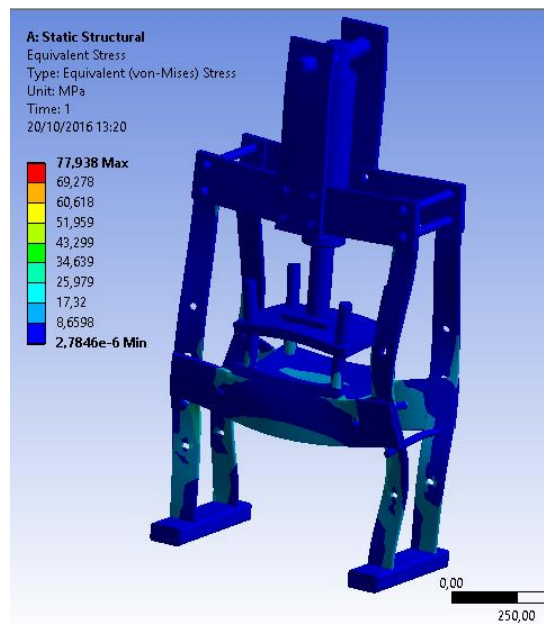
El material que se encuentra en una ubicación empezará a fallar si aplica nuevas cargas iguales a las actuales multiplicadas por el factor de seguridad resultante. Entonces haciendo un modelado en el software el asistente de diseño evalúa el factor de seguridad por medio de colores así se muestra las regiones críticas donde podría tender a fallar y los desplazamientos que se podrían dar cuando se ejerce una fuerza sobre la estructura como se muestra a continuación:



**Figura 3. 29** Vista frontal e isométrica de la prensa hidráulica

**Fuente:** Elaborado por el autor

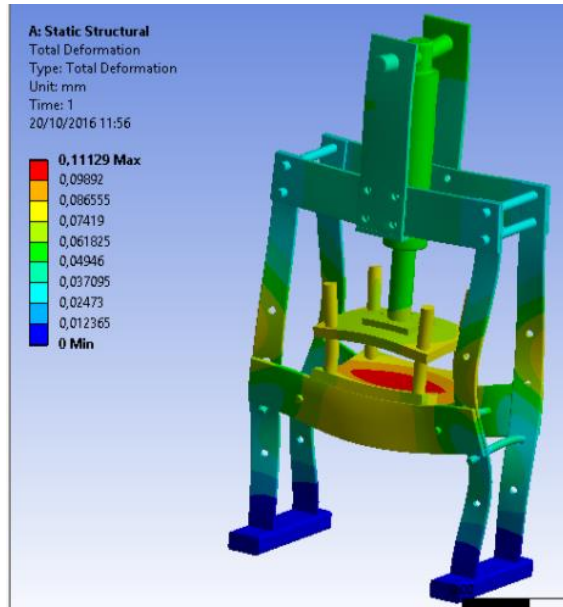
Una vez realizado el análisis realizado encontramos que la tensión máxima de Von Mises es de 77,938 MPa la cual es menor al límite de fluencia del material el cual es de 250 Mpa **Ver Anexo 5**, con este resultado podemos concluir que el elemento diseñado soporta la tensión máxima y no fallará.



**Figura 3. 30** Esfuerzo de Von Mises en la estructura de la prensa

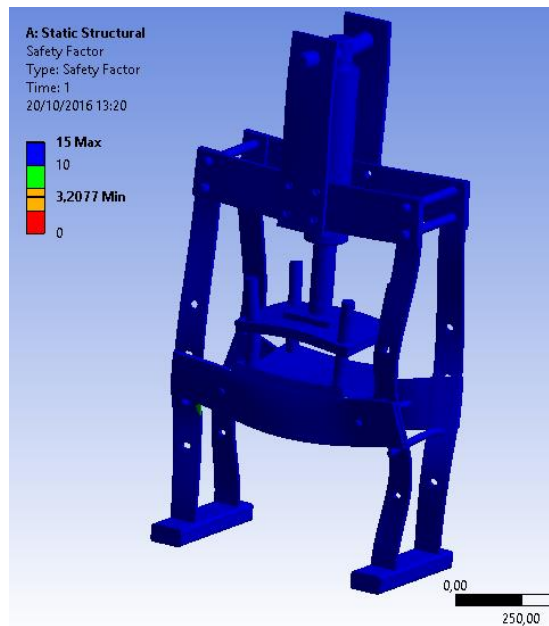
**Fuente:** Elaborado por el autor

Con respecto al desplazamiento máximo que ocurre en el elemento analizado tenemos un desplazamiento máximo de 0,11 mm en la porta matrices de la prensa, por lo que este desplazamiento no afecta al funcionamiento de la máquina.



**Figura 3. 31** Desplazamiento máximo de la estructura

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 32** Factor de seguridad de la prensa

**Fuente:** Elaborado por el autor

El factor de seguridad es de 3,2 que al ser superior a 1 nos garantiza que el uso de la prensa es seguro. Para ratificar el factor de seguridad utilizamos la **Ec. 3.2:**

$$\text{Factor de seguridad (FDS)} = \frac{\sigma_{Lim}}{\sigma_{VM}}$$

$$\text{Factor de seguridad (FDS)} = \frac{249,997 \text{ MPa}}{77,938 \text{ MPa}}$$

$$\text{Factor de seguridad (FDS)} = 3,2$$

### 3.4.6 Componentes hidráulicos

El sistema hidráulico se compone básicamente por: bomba, pistón, tuberías, válvulas, depósito de aceite, motor, y filtros y aceite hidráulico que es un líquido transmisor de potencia para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o de flujo.

Para nuestro diseño contamos con los siguientes datos:

- Fuerza total necesaria para embutir la chapa de compuerta: 30 Tn
  - Bomba (Dowty OP- P3000 3015): 207 bar = 2110812,56086 Kg/m<sup>2</sup> [18]
- (Ver Anexo 6)

#### 3.4.6.1 Bomba hidráulica



**Figura 3. 33** Bomba Dowty OP-P 3000 3015

**Fuente:** Elaborado por el autor

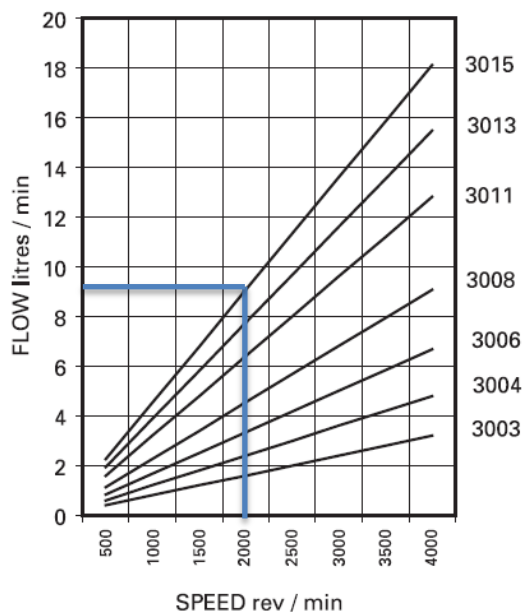
**Datos técnicos:**

**Tipo de arrastre:** acoplamiento elástico

**Posición de montaje:** horizontal con respecto al eje

**Sentido de giro:** la bomba solamente deberá funcionar en el sentido de las agujas del reloj

**Caudal:** Para obtener el caudal de trabajo de la bomba debemos saber que el motor con el que trabaja que en nuestro sistema hidráulico gira a 1780 rpm y el tipo de bomba que utilizaremos (Dowty OP – P 3000 3015) para manejar la tabla:



**Figura 3. 34** Velocidad (rev/min) vs flujo (lt/min)

**Fuente:** [18] ,Pump Dowty OP-3000, (2006)

Podemos decir que el caudal con el que trabaja la bomba es de 9 lt/min

$$Q = 9 \frac{lt}{min}$$

**Desplazamiento nominal:** 4,53 cc/rev

**Aceite hidráulico ISO VG 68 (Anexo 7)**

**Densidad:**  $\rho = 890.5 \frac{Kg}{m^3}$

**Viscosidad cinemática:**  $\nu = 68 \frac{mm^2}{seg} = 6,8 \times 10^{-5} \frac{m^2}{seg}$

**Rango de temperatura del fluido:** -15 hasta + 80 °C

**Rango de temperatura de ambiente:** -15 hasta + 60 °C

**Rango de viscosidad:** 10 a 30 mm<sup>2</sup>/s (rango de viscosidad recomendado)  
1000 mm<sup>2</sup>/s (viscosidad inicial admisible)

#### 3.4.6.2 Pistón Hidráulico



**Figura 3. 35** Pistón Hidráulico

**Fuente:** Elaborado por el autor

A diferencia de la bomba hidráulica, la cual realiza movimientos rotatorios (giratorios), el cilindro hidráulico tiene la función de realizar movimientos de traslación (lineales) y, simultáneamente, transmitir fuerzas. La fuerza máxima posible del cilindro **F** depende, despreciando la fricción, de la presión de servicio máxima admisible **P** y de la superficie efectiva **A**.

$$F_{max} = 30 Tn = 30000 Kg$$



$$P_{bom} = 211,081 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F = P * A \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$A = \frac{F}{P}$$

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4}$$

$$\frac{D^2 * \pi}{4} = \frac{F}{P}$$

$$D^2 = \frac{30000 \text{ Kg} * 4}{211,081 \text{ Kg/cm}^2 * \pi}$$

$$D^2 = \frac{1200000 \text{ Kg}}{663,13051 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$D^2 = 180,95859 \text{ cm}^2$$

$$D = 13,45213 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm} = 6 \text{ plg}$$

El área del pistón hidráulico es:

$$A = \frac{D^2 * \pi}{4} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$A = \frac{(140 \text{ mm})^2 * \pi}{4}$$

$$A = 15393,80400 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,015398 \text{ m}^2$$

La fuerza máxima del sistema hidráulico ejercida por el pistón será:

$$F_{max} = P * A$$

$$F_{max} = 2110812,560 \frac{Kg}{m^2} * 0,015398 m^2$$

$$\mathbf{F_{max} = 32502,2917 Kg}$$

Como podemos observar en el cálculo de la fuerza máxima arrojada por el sistema hidráulico esta es mucho mayor a la requerida para la embutición de chapas de compuerta por lo que la presión trabajo será:

$$F_{embut} = P_{trabajo} * A$$

$$30000 Kg = P_{trabajo} * 0,015298 m^2$$

$$P_{trabajo} = 1961040,6589 \frac{Kg}{m^2}$$

$$P_{trabajo} = 192,3123 bar \approx 192 bar$$

### **Cálculo de velocidad de descenso del pistón**

$$Q = 9 \frac{lt}{min} = 150 \frac{cm^3}{seg}$$

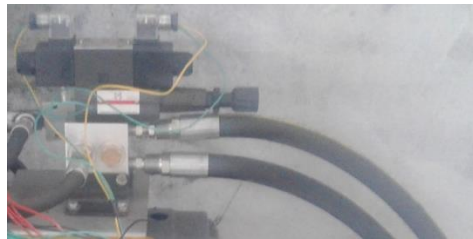
$$A = 0,015298 m^2 = 152,98 cm^2$$

$$V = Q/A \quad \text{(Ec. 3.5)}$$

$$V = \frac{150 \frac{cm^3}{seg}}{152,98 cm^2}$$

$$V = 0,9805 \frac{cm}{seg}$$

### 3.4.6.3 Mangueras Hidráulicas



**Figura 3. 36** Mangueras hidráulicas

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tamaño:** diámetro Interno y longitud total. (12.7 mm y 5 m).

**Temperatura:** temperatura de operación, Máxima (- 40 °C) y Mínima (125 °C).

**Aplicación:** conexiones hidráulicas para una prensa

**Material:** que va a conducir la manguera. (Aceite hidráulico ISO VG 68)

**Presión:** presión de operación, Máxima (966 Bares) y de trabajo (241 Bares)

**Conexiones:** la manguera llevara conexiones de 3/4 tipo hexagonal

Para las conexiones hidráulicas de la presas utilizaremos el tipo de manguera R2 con doble capa de malla y con acoples de ¾ para las conexiones. **Ver Anexo 8**

**Velocidad media Vm del fluido dentro de la tubería**

$$Q = 9 \frac{lt}{min} = 150 \times 10^3 \frac{mm^3}{seg}$$

$$D_{\text{conduto}} = 12,7 \text{ mm} = 0,0127 \text{ m}$$

$$A_{\text{interna}} = 126,67 \text{ mm}^2 = 1,266 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

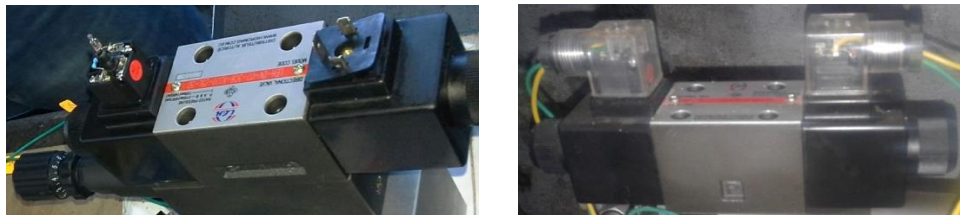
$$Vm = \frac{Q}{A}$$

$$Vm = \frac{150 \times 10^3 \frac{\text{mm}^3}{\text{seg}}}{126,67 \text{ mm}^2}$$

$$Vm = 1184,179 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

Las mangueras utilizadas son de  $\frac{3}{4}$  de pulgada SAE 100 R2AT

#### 3.4.6.4 Electroválvula



**Figura 3. 37** Válvula direccional

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### Características

- Válvula direccional de corredera de mando directo, accionada por solenoide en versión de alta potencia. **Ver Anexo 9**
- Perforaciones según DIN 24 340 forma A, ISO 4401 und CETOP – RP 121 H, placas de conexión según catalogo RS 45 052.
- Solenoides en baño de aceite a corriente continua o alterna con bobina retirable.
- Bobina de solenoide rotatoria en 90°.

- No es necesario abrir la cámara a presión para cambiar la bobina.
- Conexión eléctrica como conexión individual o como conexión central.
- Versión de conmutación suave.

**Posición de montaje:** horizontal

**Temperatura ambiente, máx. :** 50 °C

**Masa:** Válvula con dos solenoide 1.95 Kg.

**Presión de servicio:**

- Presión en las conexiones A, B, P es de 350 bares.
- Conexión T hasta 210 (=), hasta 160 (~)
- Para símbolo A y B la conexión T debe emplearse como conexión de fugas cuando la presión de servicio supera la presión admisible del tanque.

**Caudal, máx. :** Hasta 80 Lts. /min.

**Sección transversal de flujo (posición de conmutación O):**

- Para símbolo Q aprox. 6 % de la sección nominal
- Para símbolo A aprox. 3 % de la sección nominal

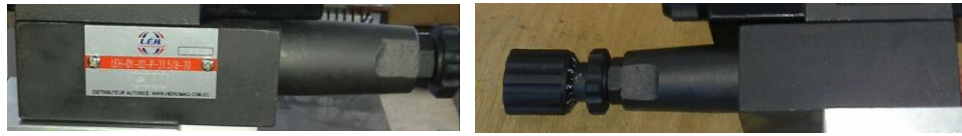
**Fluido hidráulico:** aceite Hidráulico Antidesgaste (AW) ISO VG 68

**Rango de temperatura del fluido:**

- Desde -30 hasta + 80 °C para juntas NBR
- Desde -20 hasta + 80 °C para juntas FPM

**Rango de viscosidad:** 2,8 hasta 500 mm<sup>2</sup>/s

### 3.4.6.5 Válvula reguladora de presión



**Figura 3. 38** Válvula reguladora de presión

**Fuente:** Elaborado por el autor

Válvula insertable (cartucho) (**Ver Anexo 10**)

Para conexión roscada

Para montaje sobre placa

Ajuste de presión, husillo roscado con hexágono y capuchón

**Rango de temperatura del fluido °C:**

–30 hasta +80 para juntas NBR

–20 hasta +80 para juntas FPM

**Grado de impurezas:** Grado máximo admisible de impurezas del fluido según NAS 1638 clase 9.

**Rango de viscosidad:** 10 hasta 800 mm<sup>2</sup>/s

**Rango de presión:** presión de salida – 207 bar, presión de entrada - 360 bar

### 3.4.7 Componentes eléctricos

#### 3.4.7.1 Motor eléctrico



**Figura 3. 39** Motor trifásico de inducción

**Fuente:** Elaborado por el autor

El motor montado en el sistema hidráulico de la prensa para el sistema de producción de chapas de compuerta es, un motor trifásico de inducción – 50 Hz – uso general – (**Ver Anexo 11**) eficiencia estándar y cuyas características serán descritas a continuación:

- Motores Trifásicos, IP55 (IEC-34), TCVE
- Tensiones Nominales: 220/380V hasta carcasa 100, 380/660V carcasa 112 arriba, 240/415V o 415V
- Carcasa de Hierro Gris (63 hasta 355M/L)
- Potencias: 10Hp
- Rotor de jaula de Ardilla/Aluminio Inyectado
- Chapa de identificación en acero inoxidable
- Diseño / Categoría N
- Clase de Aislamiento “F” ( $\Delta T=80K$ )
- Servicio Continuo - S1
- Factor de Servicio (Fs): 1.0
- Temperatura Ambiente  $40^{\circ}C$
- Sistema de reengrase para carcasas 225S/M y superiores
- Placa de Conexiones (6 terminales)
- Para tensiones hasta 460V y rango de frecuencias desde 25 hasta 50Hz, pero el  $\Delta T$  cambia de 80K para 105K

#### 3.4.7.2 Contactores



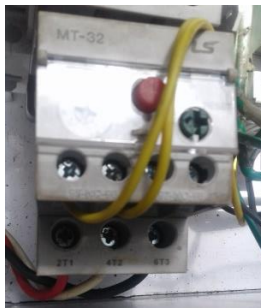
**Figura 3. 40** Contactores G.E CL00-110V

**Fuente:** Elaborado por el autor

Estos contactores se utilizaran para la caja de mando eléctrico dichos contactores son: “Contactores CL00-110V 9 G.E. 109177” (**Ver Anexo 12**) y cuenta con las siguientes características:

- Tensión de operación hasta 690V
- Sistema de fijación rápida sobre riel
- Bornes protegidos (IP20)
- Bobinas con tres terminales
- 2 compuertas NO
- 2 compuertas NC
- Adaptabilidad para dos compuertas auxiliares NO o NC

### 3.4.7.3 Relé térmico



**Figura 3. 41** Relé térmico 6-9 A GTK -22

**Fuente:** Elaborado por el autor

Este componente del sistema eléctrico se lo adiciono principalmente para la protección del motor trifásico ya que una sobrecarga de corriente eléctrica podría afectar no solamente al motor sino al sistema eléctrico en sí (**Ver Anexo 13**). Las características principales del relé térmico son:

- Montaje directo con contactores G.M – 9, 12, 18, 22 A
- Montaje por tornillos o riel DIN con adaptador adicional AZ - 22H
- Protección de corriente diferencial/fallo de fase: tipo GTK
- Tipo GTH estándar



- Ambiente compensado de: -5 a 40°C
- Reset manual o automático
- Tipo bimetálico

#### 3.4.7.4 Final de carrera



**Figura 3. 42** Contactores G.E CL00-110V

**Fuente:** Elaborado por el autor

Los finales de carrera están ubicados en el tope de la placa móvil de la prensa y en una varilla de medida ajustable para determinar la carrera del pistón (**Ver Anexo 14**); algunas características de los finales de carrera utilizados son:

- Cumple con las normas EN50041
- Envolvente de aluminio fundido
- Corriente nominal CA=5A, CC=0,15A
- Tensión nominal 380/400V ca, 220V cc
- Temperatura ambiente: -5°C +40°C

#### 3.4.7.5 Interruptor On/Off



**Figura 3. 43** Interruptor On/Off

**Fuente:** [19] Rockwell Automation, catalog

Este interruptor se colocó en la caja de control para seleccionar si el pistón va a realizar un avance continuo (automático) o controlado (manual)

#### 3.4.7.6 Luz piloto

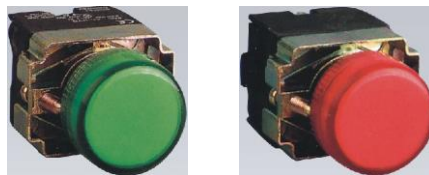


**Figura 3. 44** Luz piloto Led HD 16-22D/S4

**Fuente:** [20] Induelectro, Harok

La luz piloto es utilizada en la caja de control para indicar si el avance del pistón es manual o automático y también nos indica si este está en avance o retroceso.

#### 3.4.7.7 Pulsadores



**Figura 3. 45** Pulsador NO (verde), Pulsador NC (rojo)

**Fuente:** Huye, HUP7 series

Los pulsadores utilizados son los normalmente abiertos (NO) que en general son de color verde que al ser pulsados activan los contactores y los pulsadores normalmente cerrados (NC) que son de color rojo e interrumpen el paso de corriente hacia los contactores.

### **3.5 IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE PRODUCCIÓN**

Para la implementación del sistema de producción de chapas de compuerta se debe comenzar por analizar los procesos de producción, ya que estos no cambiaron en esencia pero algunos factores como: la disposición de los puestos de trabajo y maquinaria para realizarlos sí.

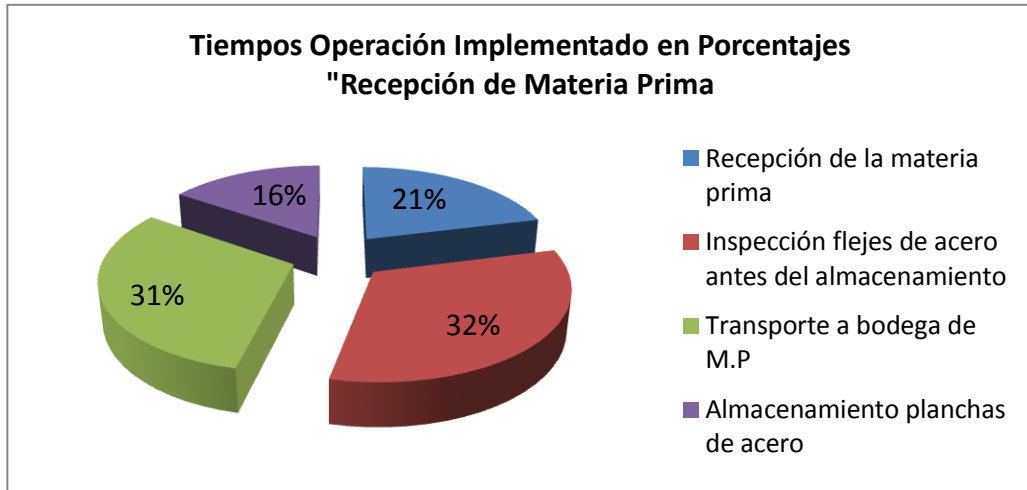
Al igual que en el sistema de producción anterior en el implementado los tiempos de operación son tomados con cronometro; dichos tiempos son tentativos y están registrados en las “tablas de tiempos cronometrados de las operaciones – método implementado” ver los **Anexos 15A – 15I**

#### **3.4.1 Descripción del sistema de producción implementado de chapas de compuerta**

En el diagrama de recorrido implementado a la empresa (ver **Plano 6: Diagrama de Recorrido Implementado**) se puede observar que los puestos de trabajo están mejor ubicados, observando una marcada relación entre procesos similares; como los puestos de trabajo de pulido y soldado que por su lejanía con las demás operaciones minimiza la posibilidad de contaminación por partículas del producto final. Además de no tener una aglomeración de procesos en el área de ensamble agilizando los procesos y teniendo una mejor fluidez tanto de materiales, materia prima y operarios.

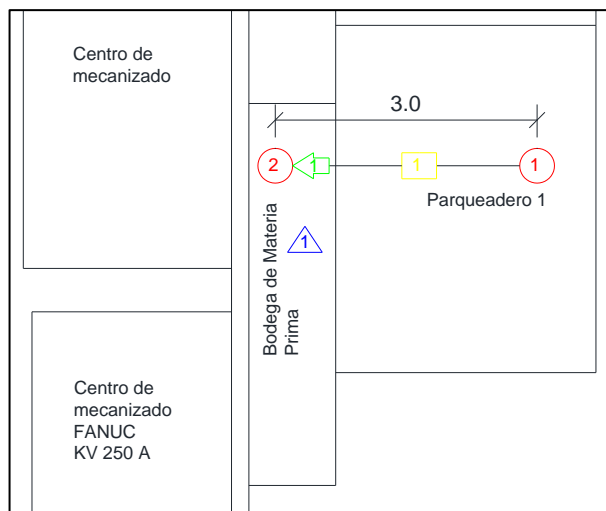
### 3.4.1.1 Recepción de materia prima

La operación de recepción de materia prima no varía respecto al sistema de producción anterior; a pesar de ello los tiempos cronometrados si lo hacen como se puede observar en fig. 4.46, la tabla 3.19 y en el diagrama de recorrido mostrado en la fig. 3.47.



**Figura 3. 46** Tiempos de Operación Implementado "Recepción de Materia Prima"












**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 47** Diagrama de recorrido de la operación "recepción de materia prima" método implementado

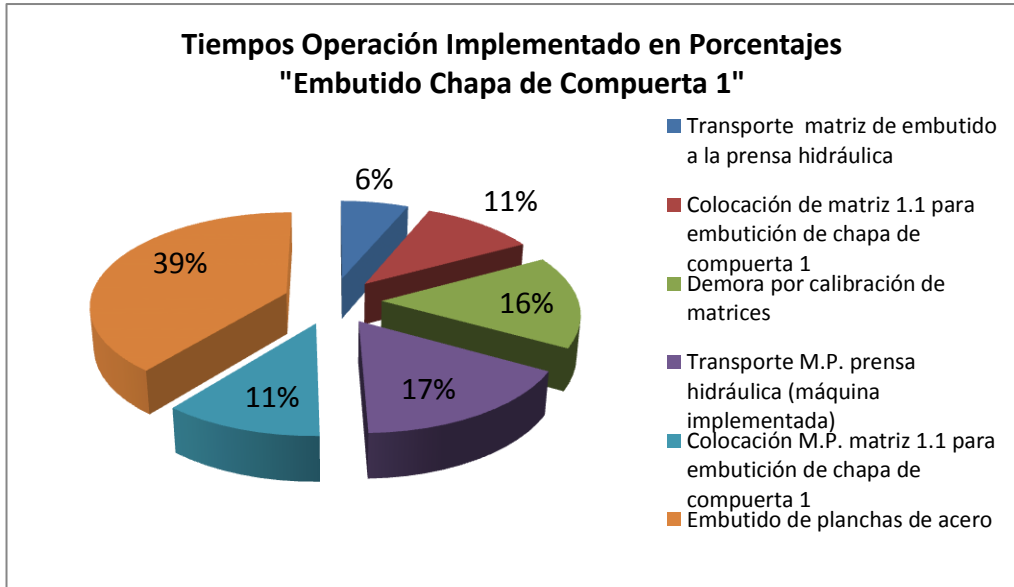
**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tabla 3. 19** Cursograma analítico de la operación “recepción de materia prima”- método implementado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado			
<b>Identificación de la operación:</b> Recepción de materia prima				<b>Producto:</b> Chapas de compuerta		<b>Fecha:</b> 12/07/2016			
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa									
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Recepción de la materia prima	10		0,092						Se recepta las planchas de acero previamente cortadas por el proveedor en el área de parqueo
Inspección flejes de acero antes del almacenamiento	10		0,142						Se inspecciona con un calibrador que las planchas de acero cumplan con las dimensiones especificadas.
Transporte a bodega de M.P	10	3	0,135						Se transporta las planchas de acero verificadas al área de bodega de materia prima
Almacenamiento planchas de acero	10		0,067						Se almacena las planchas de acero en la bodega de materias primas

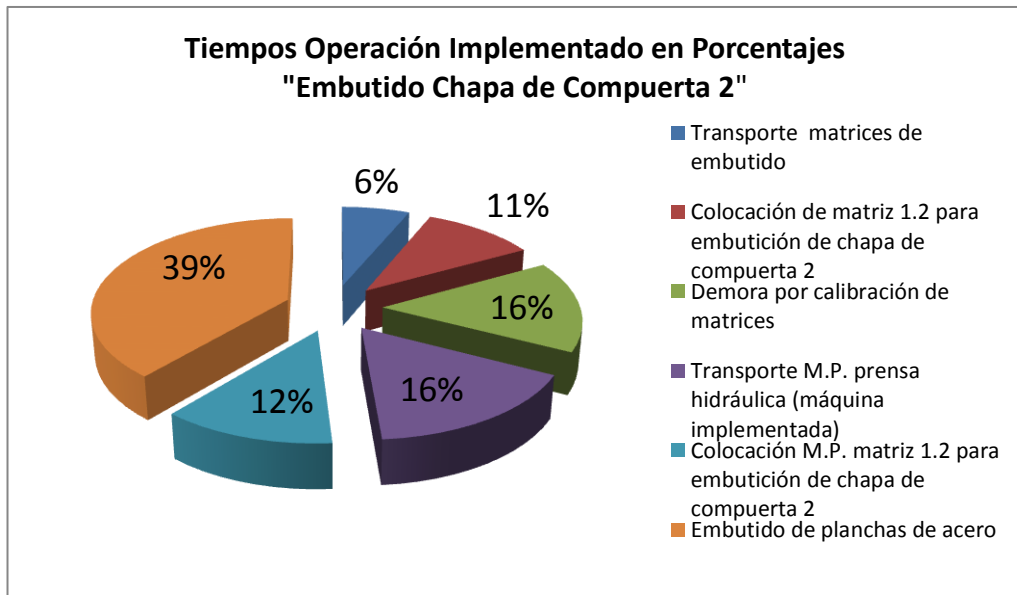
**Fuente:** Elaborado por autor

### 3.4.1.2 Embutido y corte de planchas de acero



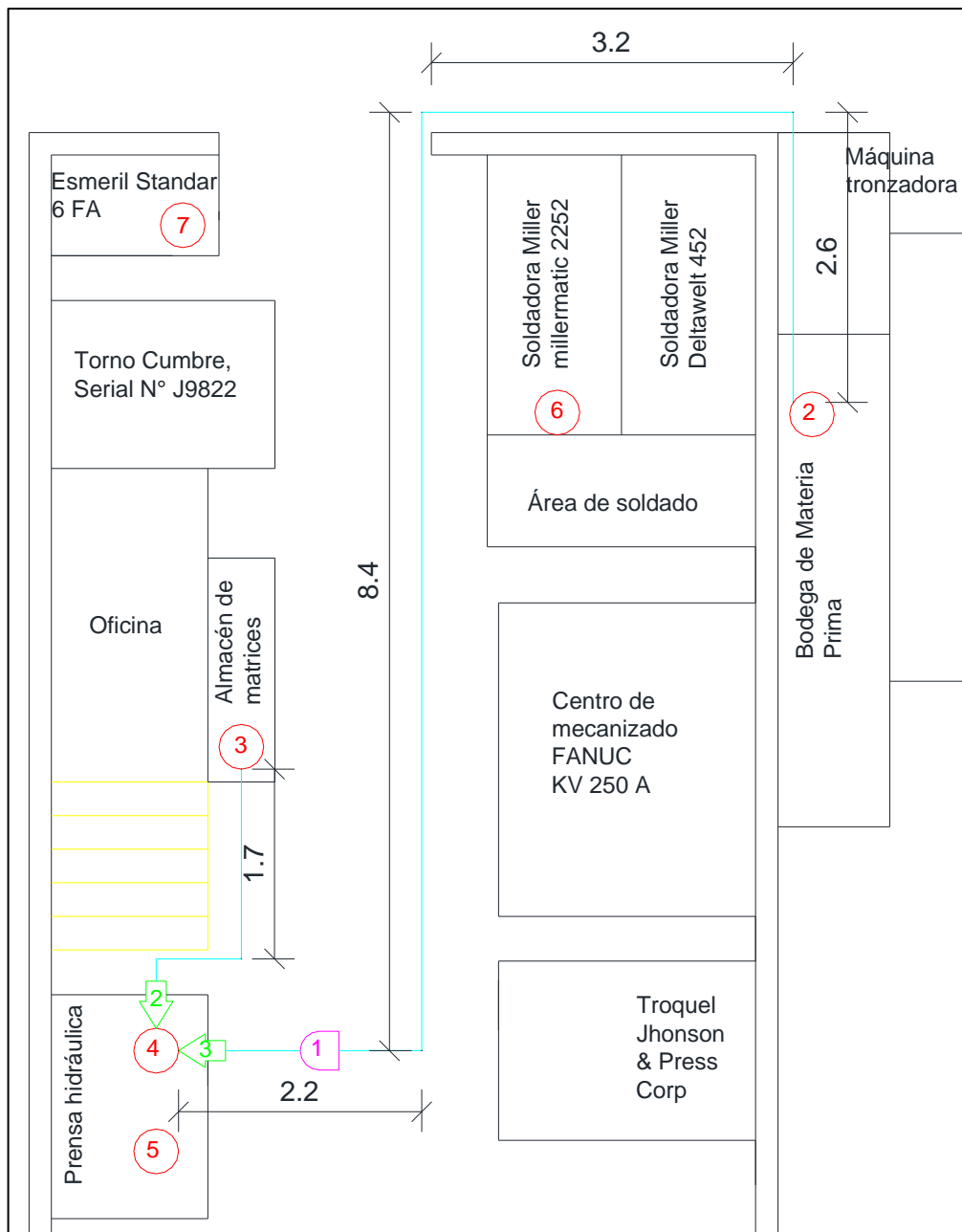
**Figura 3. 48** Tiempos de Operación Implementado "Embutido Chapa de Compuerta 1"

Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 3. 49** Tiempos de Operación Implementado "Embutido Chapa de Compuerta 2"














Fuente: Elaborado por el autor



**Figura 3. 50** Diagrama de recorrido de la operación “embutido de planchas de acero”- método implementado

**Fuente:** Elaborado por autor














**Tabla 3. 20** Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 1”- método implementado

				 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 					
<b>Identificación de la operación:</b> Embutido chapa de compuerta 1				<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método propuesto			
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 13/07/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte matriz de embutido a la prensa hidráulica	1	2,5	0,012						Se transportan la matriz 1.1 de embutición a la prensa hidráulica (máquina implementada)
Colocación de matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	1		0,021						Se coloca la matriz 1.1 de embutido en la prensa hidráulica (máquina implementada)
Demora por calibración de matrices	1		0,031						Demora por calibración y ajuste de las matriz 1.1 de embutición en la prensa hidráulica (máquina implementada)
Transporte M.P. prensa hidráulica (máquina implementada)	1	16,4	0,032						Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente a la prensa hidráulica (máquina implementada)
Colocación M.P. matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	4		0,022						Se coloca las planchas de acero en la matriz 1.1 para la embutición de chapa de compuerta 1
Embutido de planchas de acero	4		0,076						Se embuten las planchas de acero con la forma de la matriz 1.1

**Fuente:** Elaborado por autor

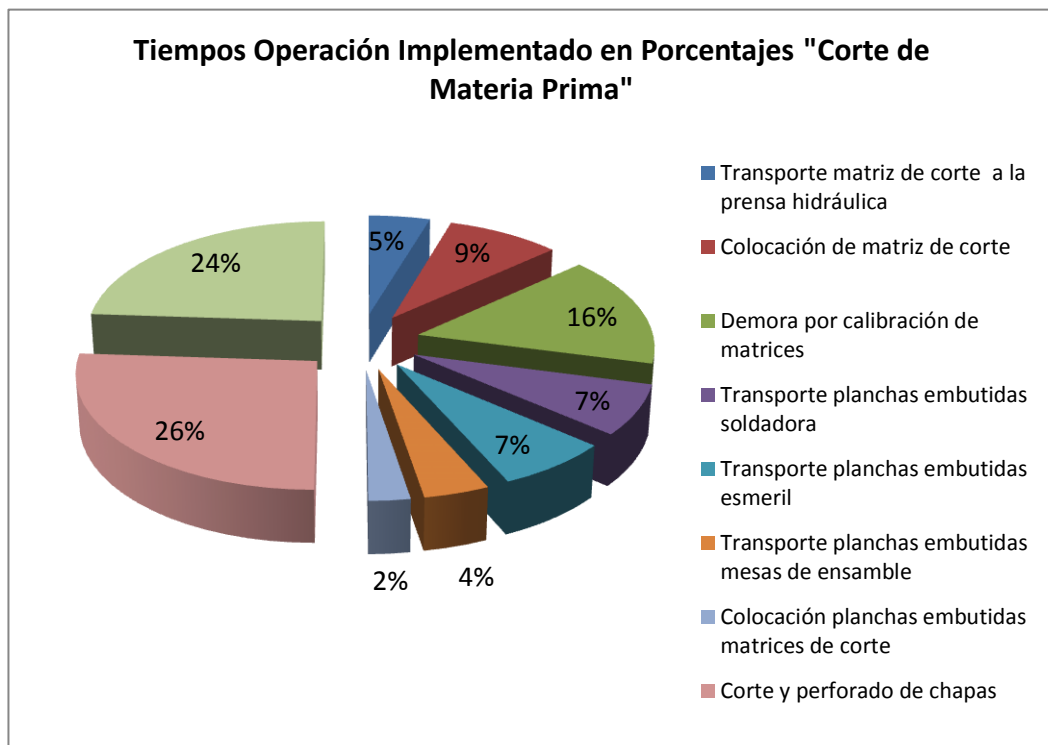


**Tabla 3. 21** Cursograma analítico de la operación “Embutido chapa de compuerta 2”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
<b>Identificación de la operación:</b> Embutido chapa de compuerta 2				<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado			
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 13/07/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte matrices de embutido	1	2,5	0,012						Se transportan la matriz 1.2 de embutición a la prensa hidráulica (máquina implementada)
Colocación de matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 2	1		0,021						Se coloca la matriz 1.2 de embutido en la prensa hidráulica (máquina implementada)
Demora por calibración de matrices	1		0,030						Demora por calibración y ajuste de las matriz 1.2 de embutición en la prensa hidráulica (máquina implementada)
Transporte M.P. prensa hidráulica (máquina implementada)	1	16,4	0,032						Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente a la prensa hidráulica (máquina implementada)
Colocación M.P. matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 2	4		0,024						Se coloca las planchas de acero en la matriz 1.2 para la embutición de chapa de compuerta 2
Embutido de planchas de acero	4		0,076						Se embuten las planchas de acero con la forma de la matriz 1.2

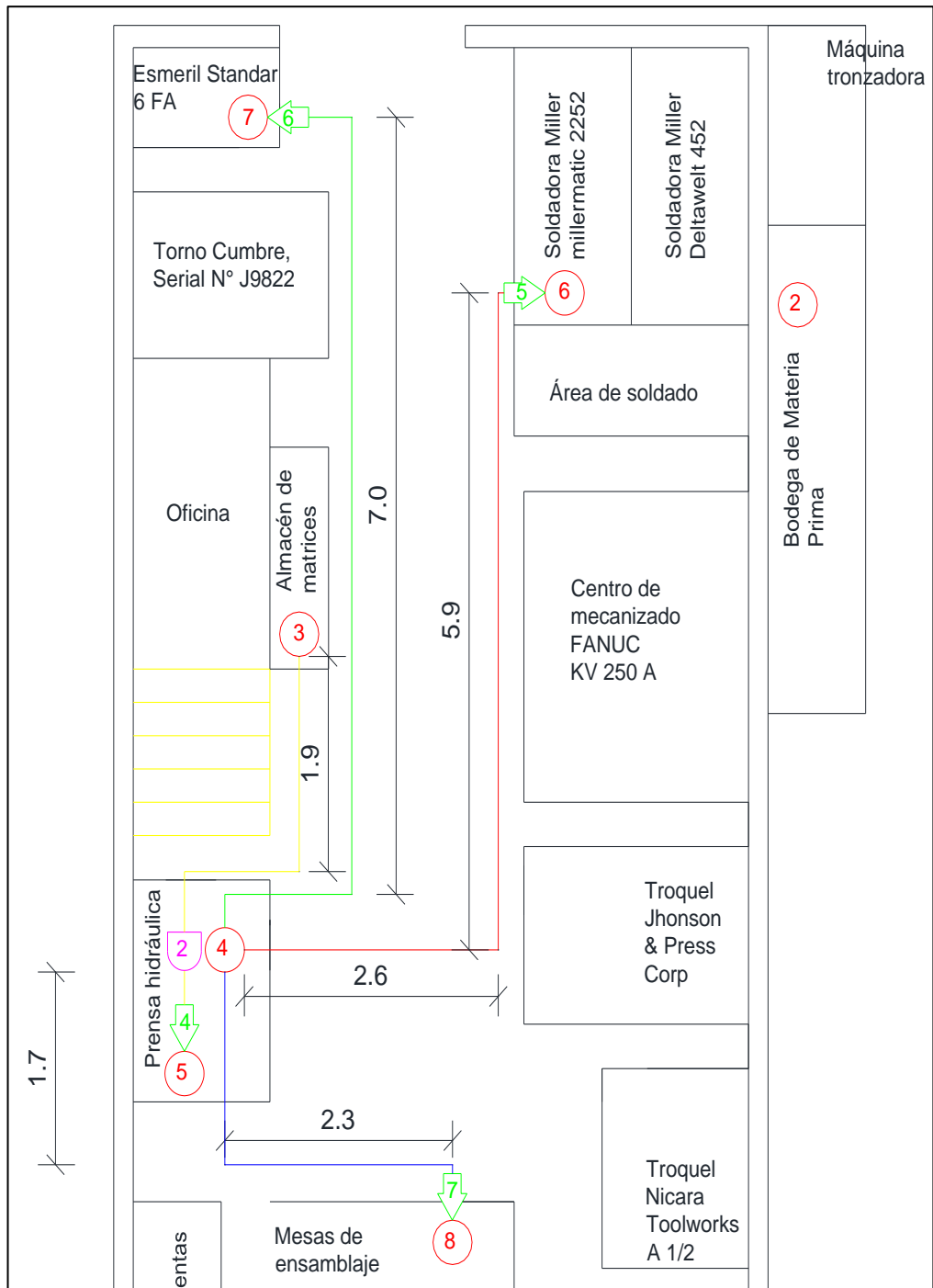
**Fuente:** Elaborado por autor

En si los procesos de embutido y corte no varían con respecto al método anterior, incluyendo el transporte montaje y calibración de las matrices tanto de embutido como de corte; sin embargo la disposición de los puestos de trabajo si lo hacen (ver las fig. 3.50 – fig. 3.52) y por ende los tiempos de operación como podemos ver en las fig. 48, fig. 49, fig. 51. Lo descrito anteriormente sucede con el proceso de almacenamiento de matrices el cual no cambia con respecto al sistema de producción anterior por lo que no es necesario describirlo.



**Figura 3. 51** Tiempos de Operación Implementado "Corte de Materia Prima"


















**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 52** Diagrama de recorrido de la operación “corte de excesos”- método implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor

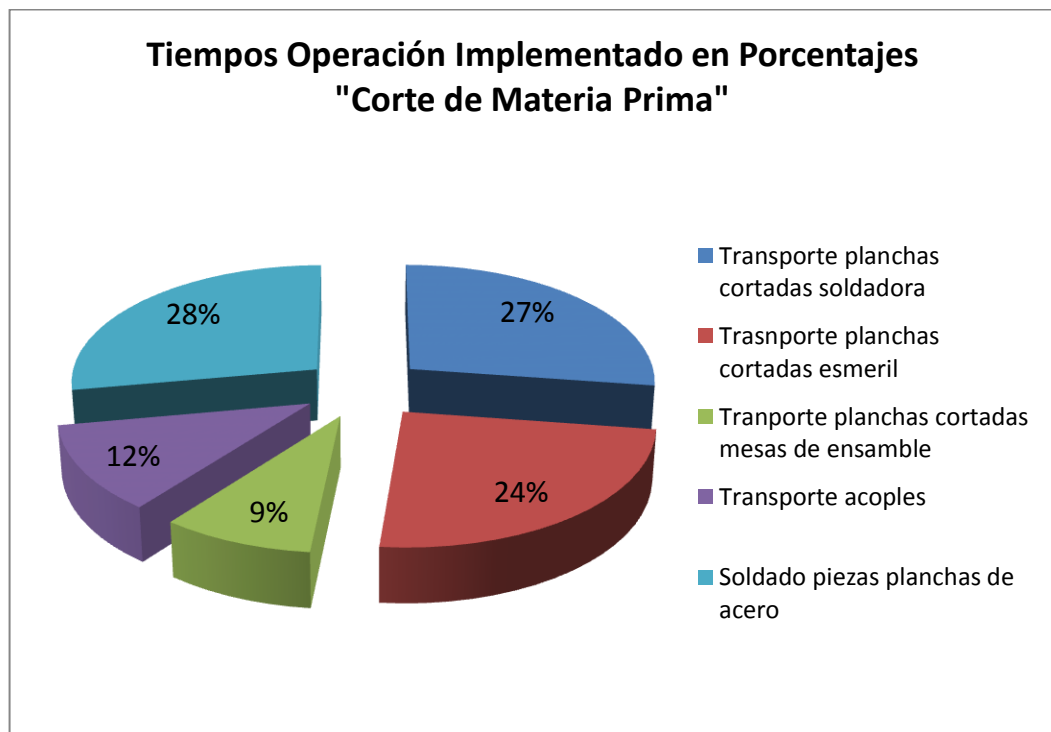
**Tabla 3. 22** Cursograma analítico de la operación “Corte de excesos”- método implementado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
<b>Identificación de la operación:</b> Corte de excesos				<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado			
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 14/07/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte matriz de corte a la prensa hidráulica	1	3,1	0,012						Se transportan las matrices de corte y perforado a la prensa hidráulica (máquina implementada)
Colocación de matriz de corte	1		0,023						Se coloca las matrices de corte y perforado en la prensa hidráulica (máquina implementada)
Demora por calibración de matrices	1		0,042						Demora por calibración y ajuste de las matrices de corte y perforado en la prensa hidráulica (máquina implementada)
Transporte planchas embutidas soldadora	1	8,5	0,019						Transporte manual de planchas embutidas a la soldadora
Transporte planchas embutidas esmeril	1	8,3	0,019						Transporte manual de planchas embutidas al esmeril
Transporte planchas embutidas mesas de ensamble	1	4	0,011						Transporte de planchas embutidas a mesas de ensamble
Colocación planchas embutidas matrices de corte	1		0,007						Se coloca las planchas previamente embutidas sobre las matrices de corte y perforado
Corte y perforado de chapas	4		0,070						Se cortan el exceso de material al mismo tiempo se realiza el proceso de perforado de las planchas de acero ya embutidas
Inspección de chapas	4		0,064						Se revisa que las dimensiones de las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas sean las requeridas para el ensamble de las chapas

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.4.1.3 Soldado de partes y acoples













Con las planchas de acero embutidas, cortadas y perforadas se realiza el proceso de soldado. Las dos planchas de acero poseen diferentes partes soldadas así como el mecanismo de funcionamiento de la chapa de compuerta que está unido a la plancha de acero embutido por medio de una unión en U soldada a la misma. En el cursograma de la tabla 3.23. se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.54 y el tiempo de las mismas en la fig. 3.53.



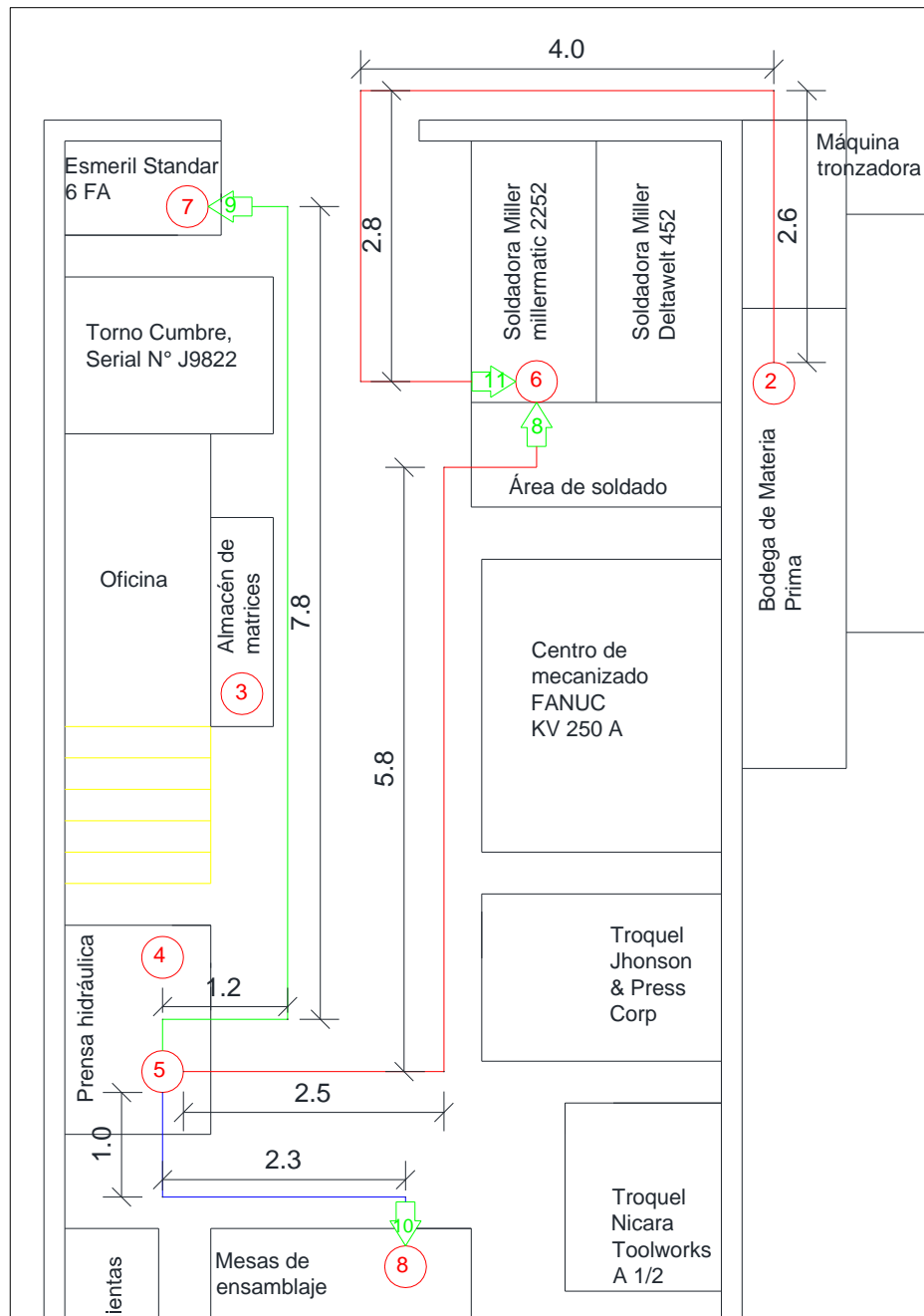
**Figura 3. 53** Tiempos de Operación Implementado "Corte de Materia Prima"

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Tabla 3. 23** Cursograma analítico de la operación “Soldado planchas de acero”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
<b>Identificación de la operación:</b> Soldado de partes y acoples				<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado			
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 15/07/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte planchas cortadas soldadora	1	8,3	0,028						Se transporta las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas al área de soldadura
Trasnporte planchas cortadas esmeril	1	9	0,025						Transporte de planchas embutidas y cortadas al esmeril
Tranporte planchas cortadas mesas de ensamble	1	3,3	0,009						Transporte de planchas embutidas y cortadas a mesas de ensamble
Transporte acoples	1	9,4	0,012						Trasnporte de acoples y partes de la bodega de M.P. al área de soldado
Soldado piezas planchas de acero	4		0,029						Soldado del eje acoplador así como uniones y partes para el ensamble de las chapas de compuerta

**Fuente:** Elaborado por el autor

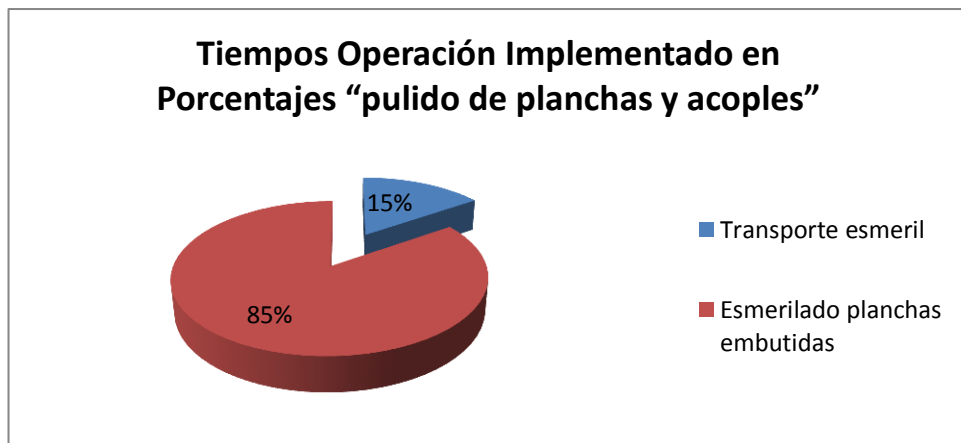


**Figura 3. 54** Diagrama de recorrido de la operación "soldado de planchas de acero"-  
 método implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor

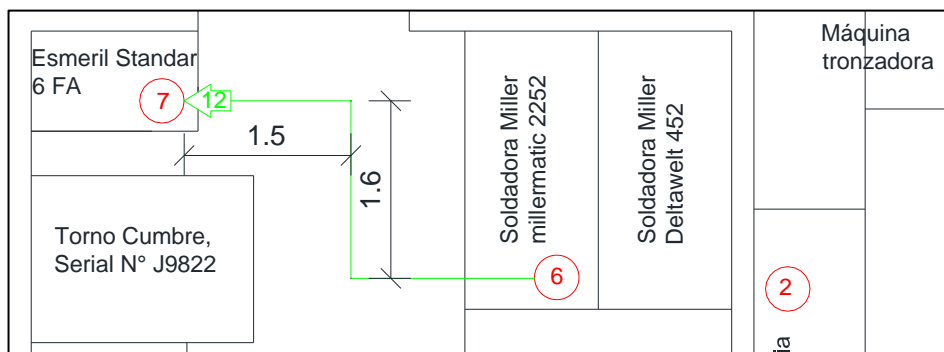
### 3.4.1.4 Pulido de planchas y acoples

El proceso consiste en transportar las planchas tomando en cuenta un tiempo prudente para poder manipularlas ya que después del proceso de soldado estas van a tener una temperatura elevada. En el esmeril se retira las rebabas, impurezas y exceso de material. En el cursograma de la tabla 3.24 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.56 y el tiempo de las mismas en la fig. 3.55.



**Figura 3. 55** Tiempos de Operación Implementado “pulido de planchas y acoples”

**Fuente:** Elaborado por el autor





**Figura 3. 56** Diagrama de recorrido de la operación “pulido de planchas y acoples”- método implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor



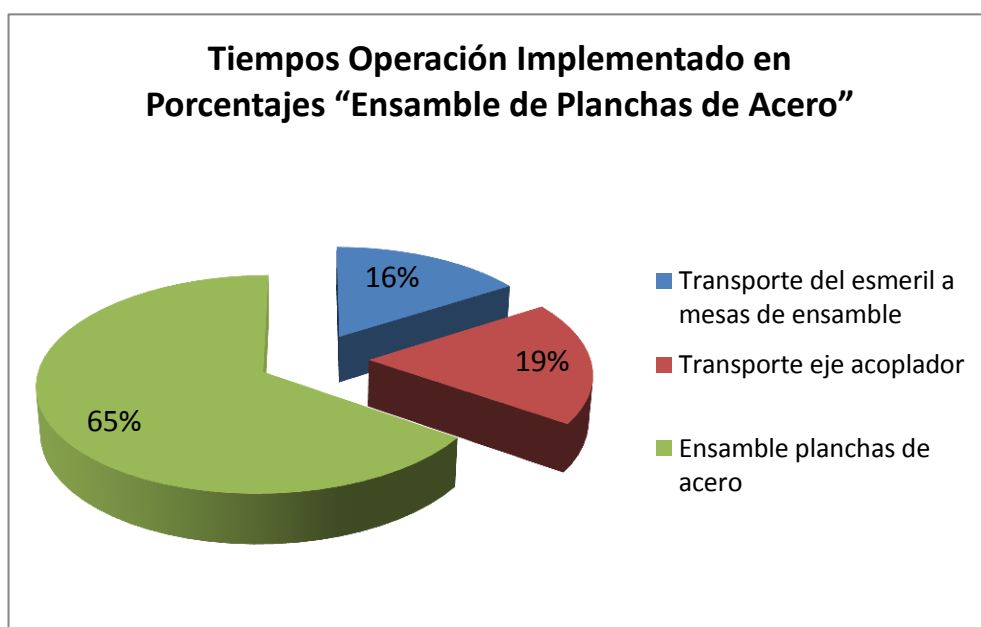
**Tabla 3. 24** Diagrama de recorrido de la operación “pulido de planchas y acoples”- método implementado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
<b>Identificación de la operación:</b> Pulido de planchas y acoples			<input type="checkbox"/> Método Actual	<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado					
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería		<b>Producto:</b> Chapas de compuerta		<b>Fecha:</b> 15/07/2016					
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa			<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transporte esmeril	1	3,1	0,007				<input checked="" type="checkbox"/>		Se transporta las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas y soldadas al esmeril
Esmerilado planchas embutidas	4		0,037	<input checked="" type="checkbox"/>					En esta operación se esmerila los bordes de las planchas cortadas y los cordones de soldadura

**Fuente:** Elaborado por el autor

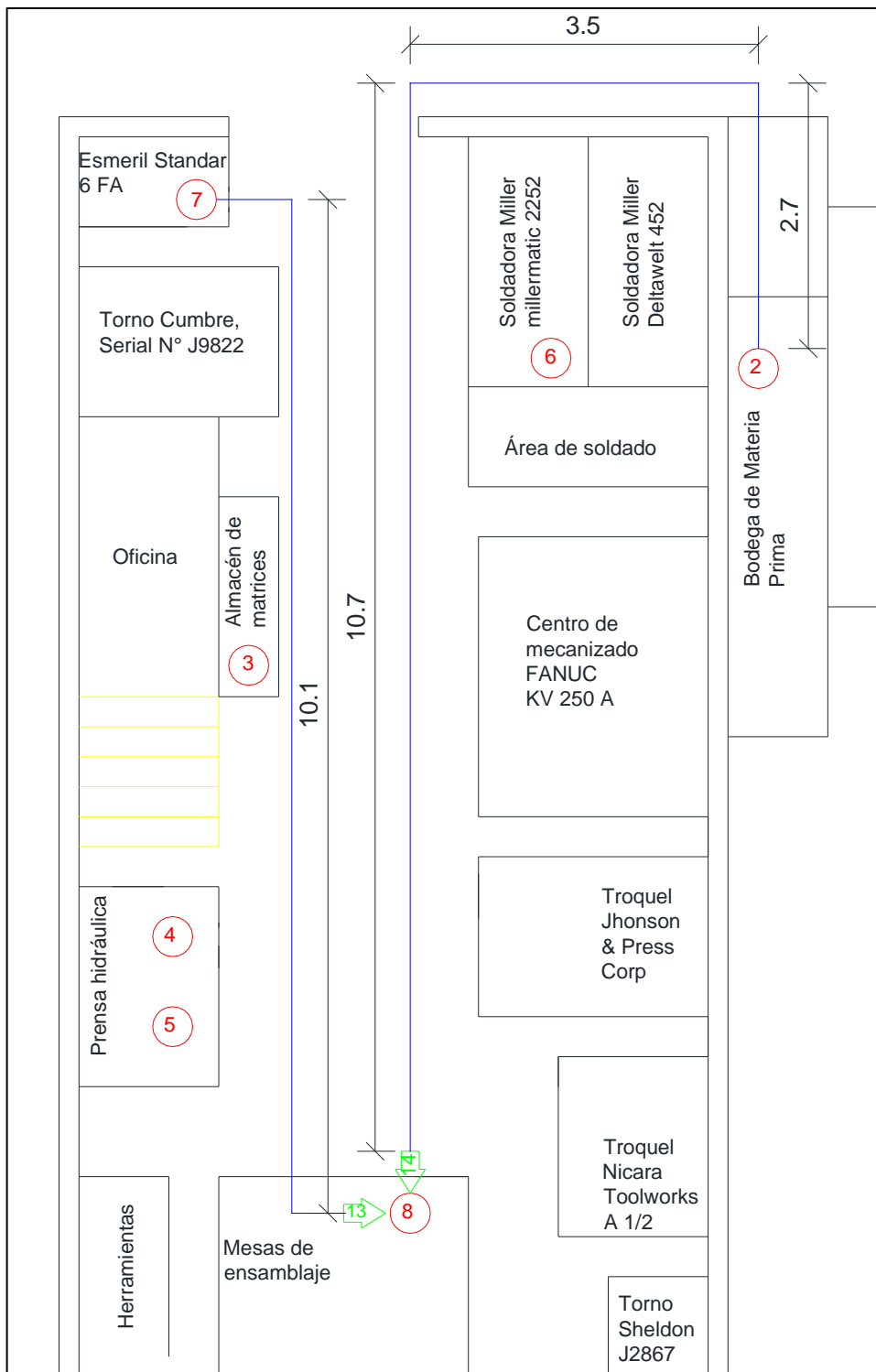
### 3.4.1.5 Ensamble chapas de compuerta

Previo al ensamble de las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas, soldadas y pulidas se hace una inspección total de las mismas, verificando que no tengan ningún tipo de fallo o desperfecto que podría afectar el correcto ensamble y posterior funcionamiento de las chapas. Una vez verificado estos parámetros se ensamblan las planchas de acero con los componentes soldados en cada uno de las mismas. En el cursograma de la tabla 3.25 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.58 y el tiempo de las mismas en la fig. 3.57.



**Figura 3. 57** Tiempos de Operación Implementado “Ensamble de Planchas de Acero”











**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 58** Diagrama de recorrido de la operación “Ensamble chapas de compuerta”- método implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor

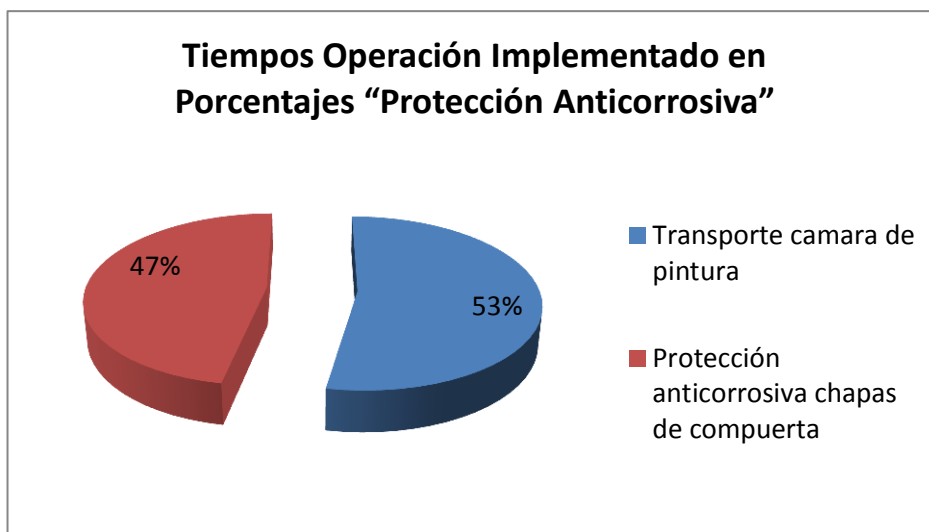
**Tabla 3. 25** Diagrama de recorrido de la operación “Ensamble chapas de compuerta”- método implementado

 <span style="margin-left: 150px;"><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b></span> 									
<b>Identificación de la operación:</b> Ensamble de planchas y acoples				<input type="checkbox"/> Método Actual			<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado		
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta			<b>Fecha:</b> 16/07/2016			
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe			<b>Observador:</b> David Santana		
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte del esmeril a mesas de ensamble	1	10,7	94,8						Se transportan las planchas de acero al área de ensamble
Transporte eje acoplador	1	16,9	111,4						Se transportan los acoples de la bodega de M.P. a las mesas de ensamble
Ensamble planchas de acero	4		388,5						Se ensamban las planchas de acero para conformar las chapas de compuerta

**Fuente:** Elaborado por el autor

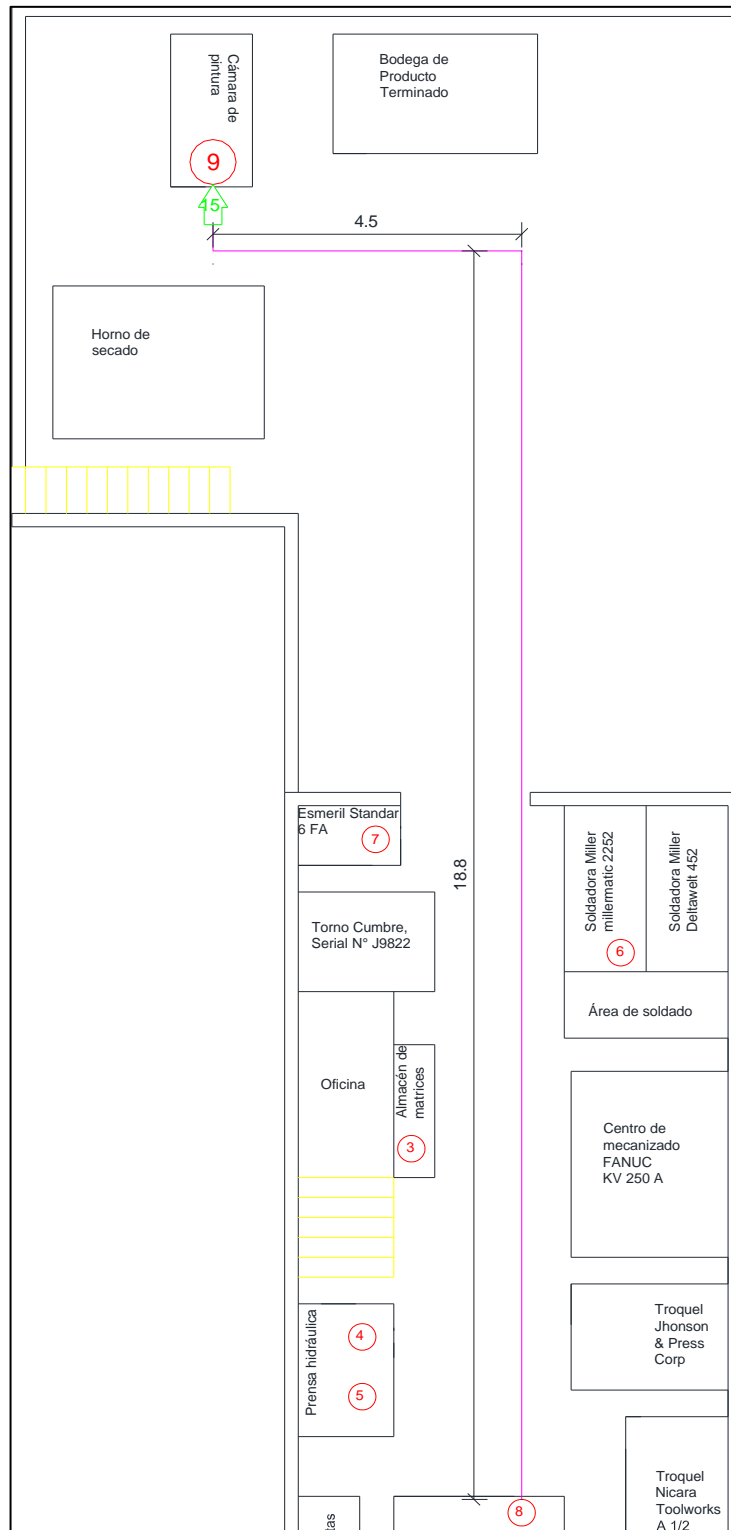
### 3.4.1.6 Protección anticorrosiva de chapas de compuerta

Las chapas de compuerta son transportadas al área de pintura. Ya en la cámara de pintura son suspendidas mediante ganchos para darles una capa de protección anticorrosiva. El tropicalizado de apariencia amarillo iridiscente, es un acabado que se obtiene a partir de la aplicación del zinc (galvanizado) y la posterior aplicación de un cromado. Obteniendo un aumento en la resistencia contra la corrosión en las piezas galvanizadas. En el cursograma de la tabla 3.26 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.60 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.59.



**Figura 3. 59** Tiempos de Operación Implementado "Protección Anticorrosiva"










**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 60** Diagrama de recorrido de la operación “Protección anticorrosiva”-  
 método implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor

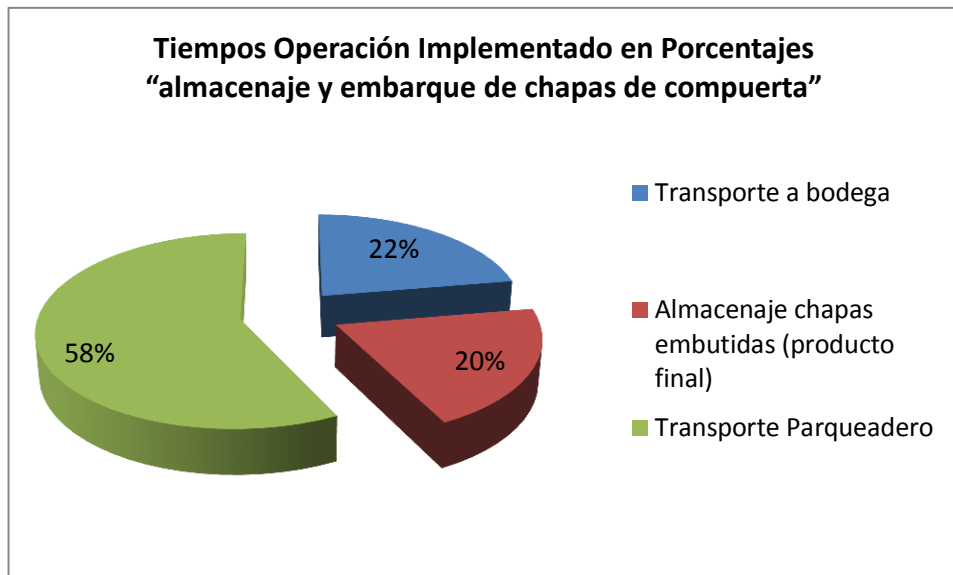
**Tabla 3. 26** Diagrama de recorrido de la operación “Pintado chapas de compuerta”- método implementado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado			
Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Producto: Chapas de compuerta			Fecha: 17/07/2016			
Lugar: Nave industrial de la empresa			Operario: Juan Guamanquispe			Observador: David Santana			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte camara de pintura	1	24,2	221,7						Se trasladan las chapas de compuerta al area de pintura, específicamente a la cámara de pintura
Protección anticorrosiva chapas de compuerta	4		197,0						Se desensambla las planchas de acero embutidas antes de poder dar una capa de protección anticorrosiva

**Fuente:** Elaborado por el autor

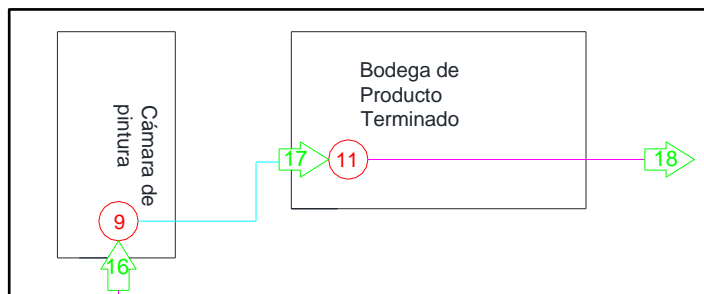
### 3.4.1.7 Almacenaje de chapas de compuerta

En el cursograma de la tabla 3.27 se puede observar las actividades de esta operación. Estas operaciones se las puede visualizar de mejor manera mediante el diagrama de recorrido de la fig. 3.62 y el tiempo de las mismas se las puede observar en la fig. 3.61.



**Figura 3. 61** Tiempos de Operación Implementado “almacenaje y embarque de chapas de compuerta”

**Fuente:** Elaborado por el autor













**Figura 3. 62** Diagrama de recorrido de la operación “Almacenaje chapas de compuerta”- método implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Tabla 3. 27** Diagrama de recorrido de la operación “Almacenaje chapas de compuerta”- método implementado

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
<b>Identificación de la operación:</b> Almacenaje de chapas de compuerta			<input type="checkbox"/> Método Actual		<input checked="" type="checkbox"/> Método implementado				
<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería			<b>Producto:</b> Chapas de compuerta		<b>Fecha:</b> 18/07/2016				
<b>Lugar:</b> Nave industrial de la empresa			<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (h)	Actividad					Descripción de actividades
									
Transporte a bodega	1	6,2	60,3						Se traslada las chapas de compuerta embutidas al área de bodega de productos terminados
Almacenaje chapas embutidas (producto final)	4		54,6						Se almacenan las chapas de compuerta embutidas en el área de productos terminados para su posterior embarque
Transporte Parqueadero	1	20	155,0						Transporte de chapas de compuerta de la bodega de P.T. al parqueadero



**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.6 COSTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO

#### 3.6.1 Costo de operaciones del sistema de producción implementado para la producción de chapas de compuerta

Al variar la disposición de la empresa los costos de producción en las áreas o puestos de trabajo también lo hacen; así pues los costos de producción del sistema implementado (Ver **Anexo 16A- 16I**) se los puede observar en la tabla 3.28.

**Tabla 3. 28** Costos de operación de los diferentes puestos de trabajo – método implementado

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
Costos de operación del sistema de producción de chapas de compuerta		
	Identificación de la operación	Costo de la operación
1	Recepción de materia prima	\$ 1,23
2	Embutido chapa de compuerta 1	\$ 0,55
3	Embutido chapa de compuerta 2	\$ 0,55
4	Corte de planchas de acero	\$ 0,81
5	Soldado de partes y coples	\$ 0,25
6	Pulido de planchas y acoples	\$ 0,12
7	Ensamble chapas de compuerta	\$ 0,47
8	Pintado de chapas de compuerta	\$ 0,33
10	Almacenaje y embarque de chapas de compuerta	\$ 0,18
	<b>Costo de operaciones</b>	<b>\$ 4,50</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 3.6.2 Costo de materia prima

Los costos de producción por materia prima no varían con respecto al sistema de producción anterior ya que estos costos no dependen de la empresa sino del

proveedor y del costo del acero en el mercado; por lo que el costo por concepto de materia prima es de 4,1 \$ por jornada de trabajo de ocho horas para la elaboración de cuatro chapas de compuerta.

### 3.6.3 Costo de transporte entre operaciones – método implementado

#### 3.6.3.1 Diagrama desde - hacia

Para comenzar con el análisis del costo de transporte entre operaciones se debe realizar el diagrama desde – hacía del sistema de producción implementado; como ya se dijo los valores deben ser introducidos bajo el formato “Flujo/costo” para posteriormente utilizar este diagrama en el software de libre acceso y así poder analizar si la disposición de los puestos de trabajo implementada generará algún beneficio en cuanto a costos de producción para la empresa. El acceso peatonal a los pasillos de la empresa y vehicular no se modificó como se puede ver en el **Plano7: Acceso vehicular implementado**

		HASTA									
		Parqueadero	Bodega M.P.	Matrices	Prensa Emb	Prensa Cort	Soldadora	Esmeril	M. Ensamble	C. Pintura	Bodega P.T.
DESDE	Parqueadero	0	0,38								
	Bodega M.P.		0		0,18		0,03		0,1		
	Matrices			0	0,07	0,04					
	Prensa Emb			0,07	0		0,05	0,05	0,03		
	Prensa Cort			0,04		0	0,08	0,07	0,03		
	Soldadora						0	0,02			
	Esmeril							0	0,07		
	M. Ensamble								0	0,2	
	C. Pintura									0	0,05
	Bodega P.T.	0,12									0

**Figura 3. 63** Diagrama desde – hacía del sistema de producción implementado

**Fuente:** Elaborado por el autor

El diagrama desde – hasta del sistema de producción implementado sirve como referencia para introducir los datos en el software de libre acceso y así poder determinar el costo por concepto de transporte en el sistema de producción actual (ver figura 3.44)

Department	Department Name	Location Fixed	To Dep. 1 Flow/Unit	To Dep. 2 Flow/Unit	To Dep. 3 Flow/Unit	To Dep. 4 Flow/Unit	To Dep. 5 Flow/Unit	To Dep. 6 Flow/Unit	To Dep. 7 Flow/Unit	To Dep. 8 Flow/Unit	To Dep. 9 Flow/Unit	To Dep. 10 Flow/Unit
1	A.	No	0	0.38								
2	B. Bodega M.P.	Yes		0		0.18		0.03		0.1		
3	C. Matrices	No			0	0.07	0.04					
4	D. Embutición	No			0.07	0		0.05	0.05	0.03		
5	E. Corte	No			0.04		0	0.08	0.07	0.03		
6	F. Soldado	No						0	0.02			
7	G. Pulido	No							0	0.07		
8	H. Ensamble	No								0	0.2	
9	I. Pintado	No									0	0.05
10	K. Bodega P.T.	No	0.12									0

**Figura 3. 64** Costos de transporte interdepartamentales en el proceso de producción implementado de chapas de compuerta

Para introducir las coordenadas de los puestos se utiliza el plano del **Plano 8: Coordenadas del sistema de producción** donde están delimitadas dichas coordenadas. Finalmente al dar clic en el botón “iterations” el programa nos muestra el costo de transporte entre puestos de trabajo con la disposición seleccionada anteriormente; el cual es de 14,04 \$ por cuatro chapas de compuerta producidas en una jornada de trabajo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	G	K	K	K	0	0	0	0	
2	M																						M	G	K		K	0	0	0	0	
3	M																							M	G	K		K	0	I	I	I
4	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
5	P	P	P	N	P	P	N	F	F	G	G	P	P	P	P	G	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	P		P	N	N	N	N	F	F	G	G	P	P	P	P	G	G	0	0								0	L	L	L		
7	P	P	P	N	H	H	N	N	N	N	N	C	C	N	N	N	N	G	G	G	0						0	L		L		
8	N	N	N	N	H	H	N					N	N			N	G	G	G	0							0	L		L		
9	N		N	N	H	H	N	N	N		N	N	N	N	N	N	N	G	G	G	0						0	L	L	L		
0	N	N	P	P	N	N	N	D	D	N	P	P	P	P	P	P	P	P	0	0							0	0	0	0		
1	P	P			P	E	E	D	D	N	P							P	0												0	
2	P	P	P	P	P	E	E	D	D	N	P	P	P	P	P	P		P	0												0	
3	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	B	B	B	P	P	0													0	
4	M											M	A	A	A	A	0														0	
5	M											M	A			A	0														0	
6	M											M	A			A	0														0	
7	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	A	A	A	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Total Cost =14,04</b> <b>(Euclidian Distance)</b>																																

**Figura 3. 65** Distribución implementada de la empresa

**Fuente:** Elaborado por el autor

Entonces el costo total del sistema de producción de chapas de compuerta es:

**Tabla 3. 29** Costo total del sistema de producción implementado

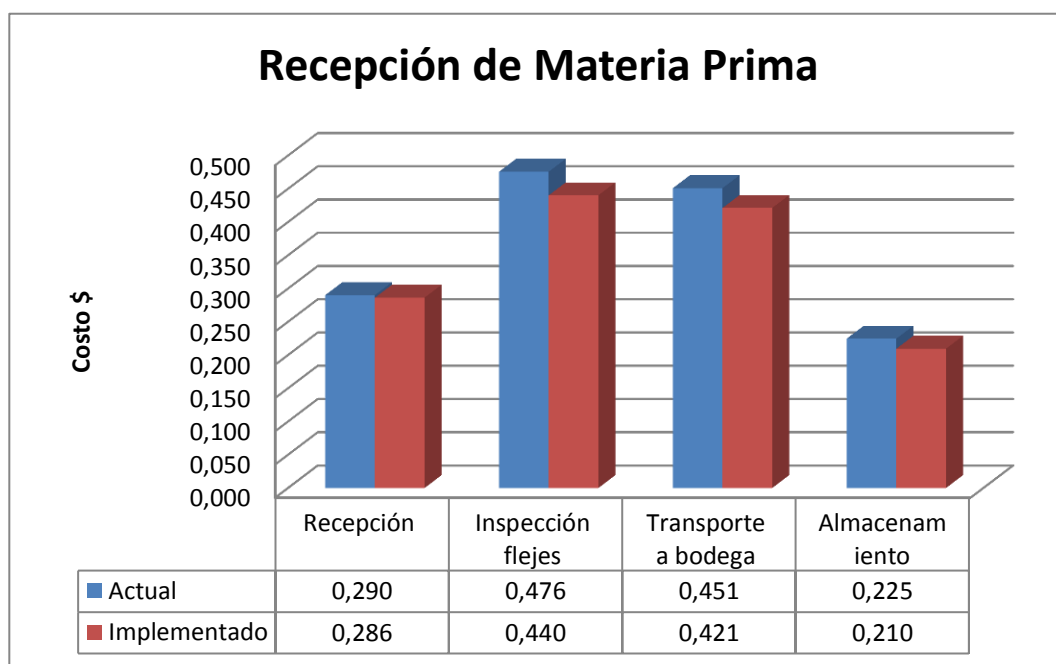
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> 		
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>		
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO DE CHAPAS DE COMPUERTA		
1	Costo de operaciones	\$ 4,50
2	Costo de materia prima	\$ 4,10
3	Costo de transporte	\$ 14,04
	<b>Costo Total</b>	<b>\$ 22,63</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez obtenidos los costos de producción tanto con el sistema actual como del sistema implementado se analizara los mismos realizando gráficos comparativos de los costos de cada operación

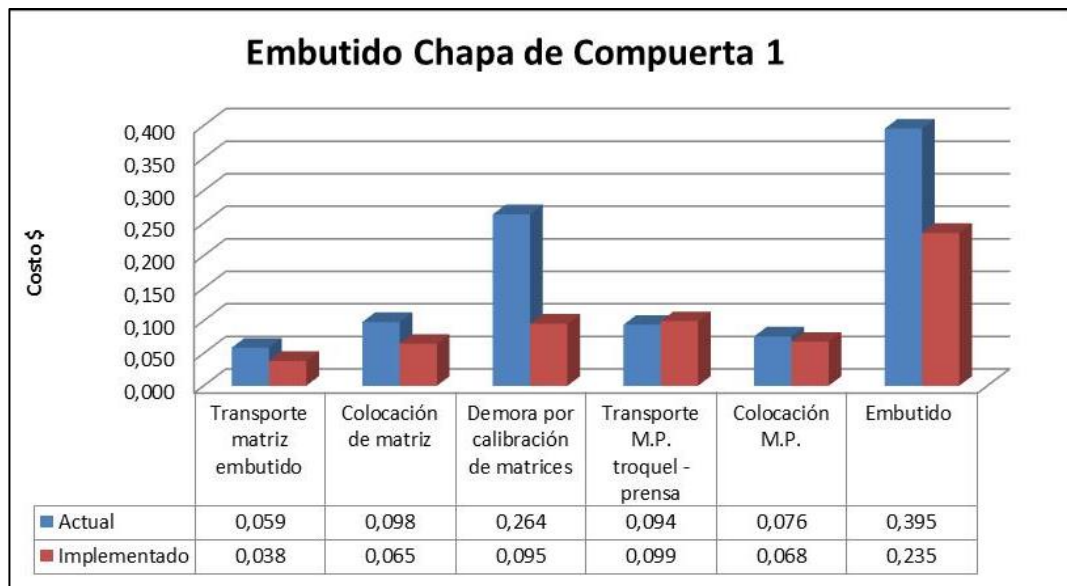
#### 3.7.1 Recepción de materia prima



**Figura 3. 66** Comparación de costos de la operación “Recepción de materia prima”

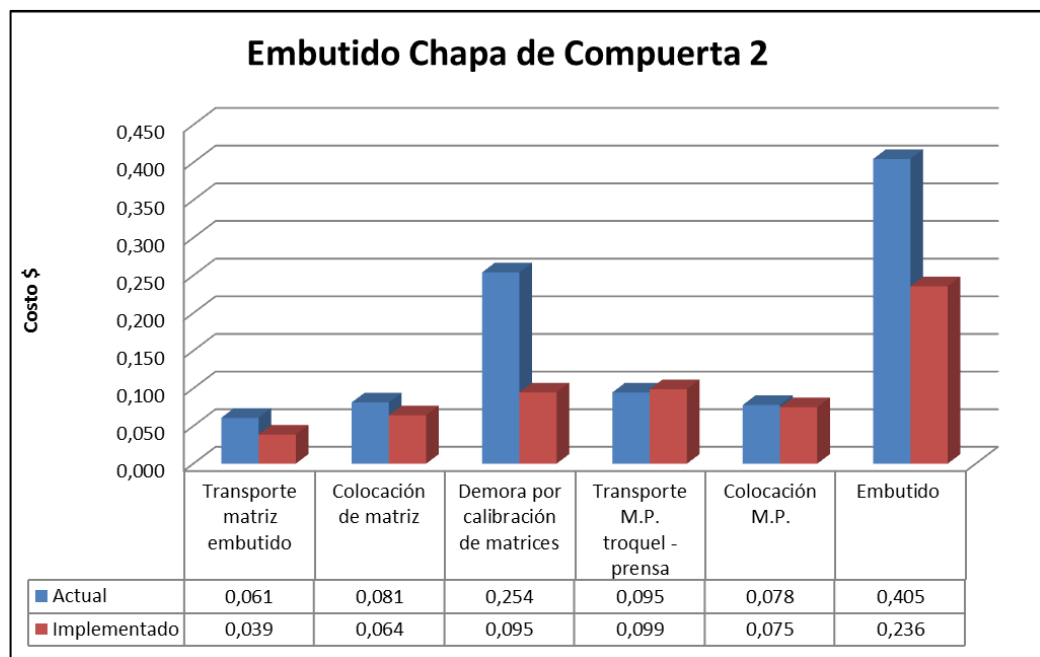
**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.2 Embutido de planchas de acero



**Figura 3. 67** Comparación de costos de la operación “Embutido de chapa de compuerta 1”

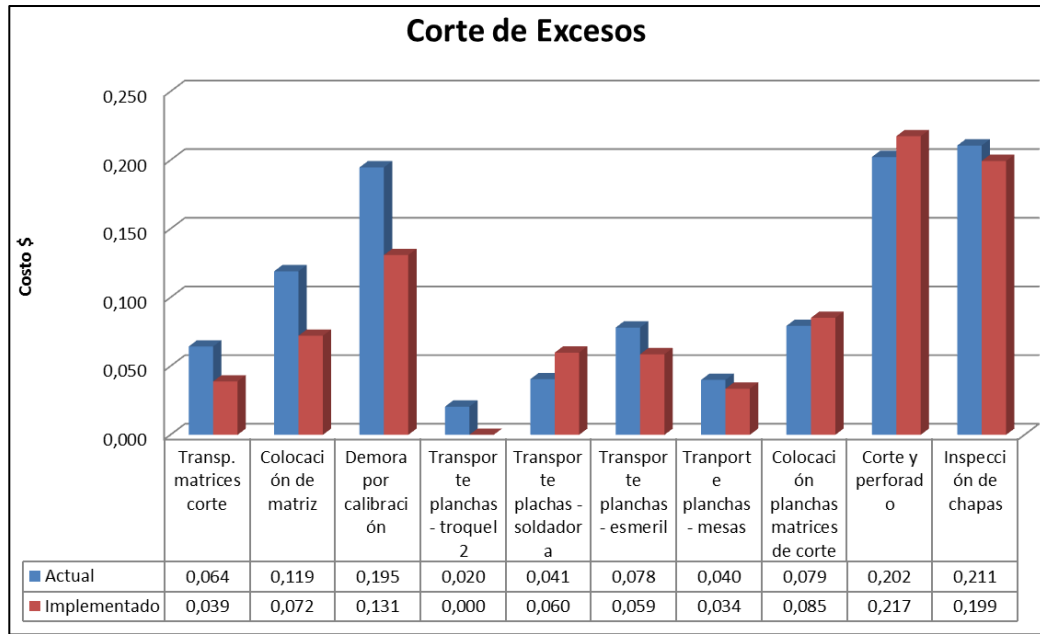
**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 68** Comparación de costos de la operación “Embutido de chapa de compuerta 2”

**Fuente:** Elaborado por el autor

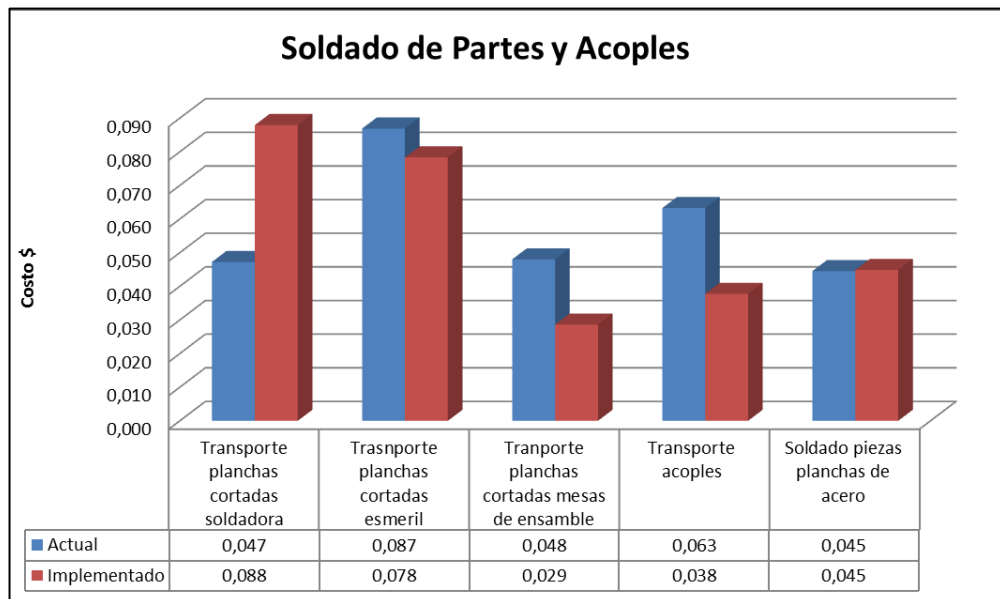
### 3.7.3 Corte de excesos



**Figura 3. 69** Comparación de costos de la operación “Corte de excesos”

**Fuente:** Elaborado por el autor

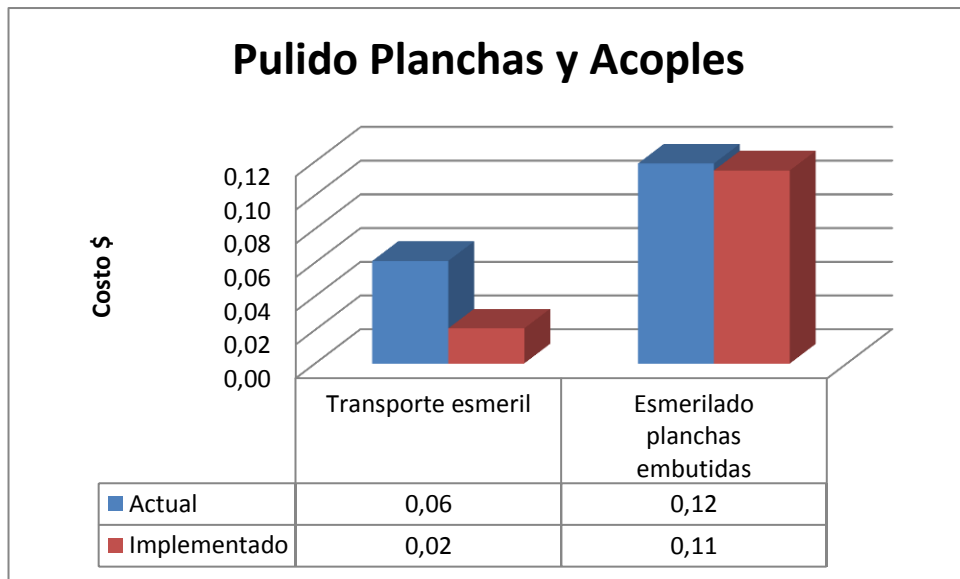
### 3.7.4 Soldado de partes y acoples



**Figura 3. 70** Comparación de costos de la operación “Soldado de partes y acoples”

**Fuente:** Elaborado por el autor

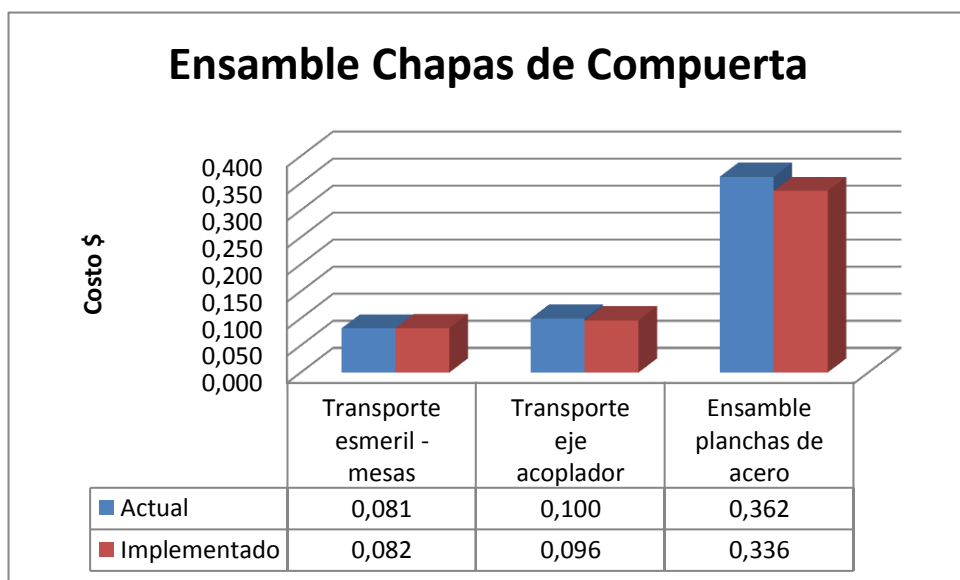
### 3.7.5 Pulido de planchas y acoples



**Figura 3. 71** Comparación de costos de la operación “Pulido planchas y acoples”

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.6 Ensamble chapas de compuerta

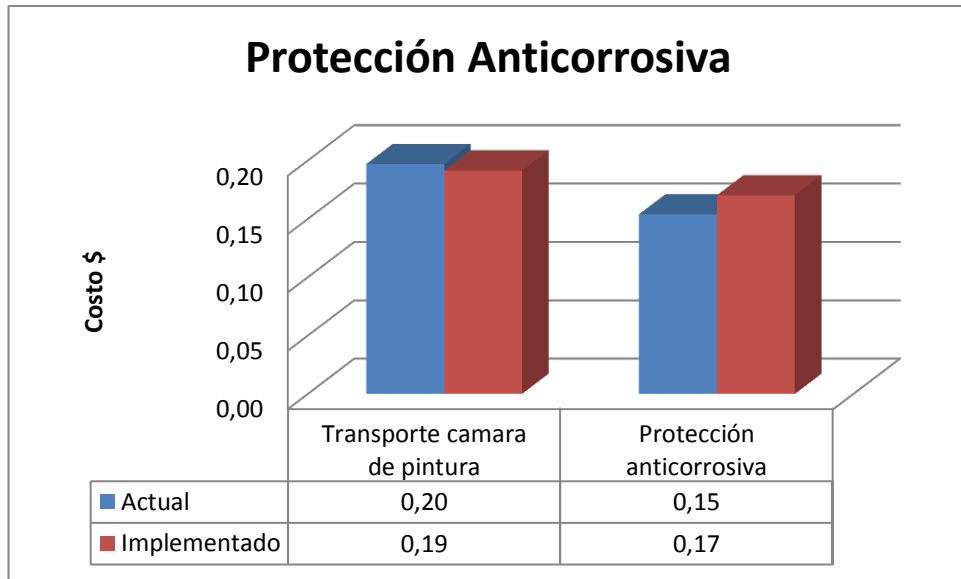


**Figura 3. 72** Comparación de costos de la operación “Ensamble chapas de compuerta”

**Fuente:** Elaborado por el autor



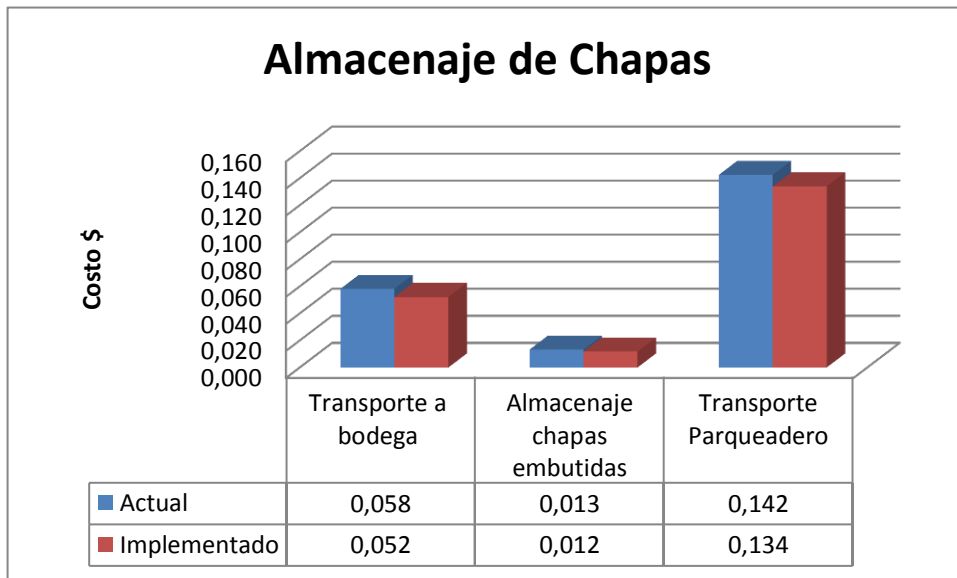
### 3.7.7 Protección Anticorrosiva



**Figura 3. 73** Comparación de costos de la operación “Protección anticorrosiva”

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.8 Almacenaje de chapas de compuerta



**Figura 3. 74** Comparación de costos de la operación “Almacenaje de chapas”

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.1 Costos de materiales

#### 3.7.1.1 Sistema hidráulico

Sistema Hidráulico			
Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Costo Final
Bomba de engranajes 3000 Psi	1	\$ 460,0	\$ 460,0
Matrimonio Bomba – Motor	1	\$ 145,0	\$ 145,0
Actuador hidráulico doble efecto	1	\$ 200,0	\$ 200,0
Aceite Hidraulico Rando OIL 68	3	\$ 65,0	\$ 195,0
Valvula direccional 4/3 110 V FluiDyne	1	\$ 165,0	\$ 165,0
Valvula reguladora de presión 1500 – 3000 psi	1	\$ 100,0	\$ 100,0
Manometro 5 – 5000 PSI	1	\$ 30,0	\$ 30,0
Filtro de aceite	1	\$ 25,0	\$ 25,0
Manguera 3212 - 12J	4	\$ 13,0	\$ 52,0
Neplos PGAP 3/48BSPx12	2	\$ 7,0	\$ 14,0
Bushing 1093 -12 -8	1	\$ 4,0	\$ 4,0
Neplos 390243 - 16 -12	2	\$ 20,0	\$ 40,0
Socket PCAP - 128	7	\$ 2,5	\$ 17,5
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 1.447,50</b>

**Figura 3. 75** Costos del sistema hidráulico

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 3.7.1.2 Sistema eléctrico

Sistema Eléctrico			
Elemento	Cantidad	Valor Unitario	Costo Final
Motor eléctrico 3 HP	1	\$ 400,0	\$ 400,0
Pulsador NC 22 mm CAMASCO	3	\$ 3,0	\$ 9,0
Pulsador NO 22 mm CAMASCO	3	\$ 3,0	\$ 9,0
Pulsador de enganche tipo hongo NC 30 mm	1	\$ 4,5	\$ 4,5
Contactador GMC 110V	4	\$ 18,0	\$ 72,0
Luz piloto AD-16 110V CAMASCO	4	\$ 1,8	\$ 7,2
Cable flexible N° 14	12	\$ 0,4	\$ 4,8
Cable flexible multipolar AWG	5	\$ 3,0	\$ 15,0
Enchufe trifásico	1	\$ 8,0	\$ 8,0
Breaker 1x2A LS Riel DIN	1	\$ 5,0	\$ 5,0
Contactador GMC32 10HP 110V	1	\$ 28,0	\$ 28,0
Rele térmico LG GTK 13 A	1	\$ 26,0	\$ 26,0
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 588,5</b>

**Figura 3. 76** Costo del sistema eléctrico

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.1.3 Estructura

<b>Estructura</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Costo Final</b>
Tanque hidráulico	1	\$ 80,0	\$ 80,0
Estructura metálica	1	\$ 220,0	\$ 220,0
Planchas de acero Portamatrices	2	\$ 165,0	\$ 330,0
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 630,0</b>

**Figura 3. 77** Costos de la estructura

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.1.4 Maquinaria y mano de obra

<b>Uso de maquinaria y mano de obra</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Costo Final</b>
Amoladora	32	\$ 3,0	\$ 96,0
Fresadora	30	\$ 10,0	\$ 300,0
Taladro Pedestal	11	\$ 6,0	\$ 66,0
Operario	400	\$ 3,0	\$ 1.200,0
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 1.662,0</b>

**Figura 3. 78** Costos de maquinaria y mano de obra

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.1.5 Costo total

<b>Costo Total</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Costo Final</b>
Sistema Hidráulico	\$ 1.447,5
Sistema Eléctrico	\$ 588,5
Estructura	\$ 630,0
Uso de maquinaria y mano de obra	\$ 1.662,0
<b>Total</b>	<b>\$ 4.328,0</b>

**Figura 3. 79** Costo total de la máquina

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 3.7.2 Recuperación de la inversión

La prensa hidráulica se puede utilizar para una gran variedad de sistemas productivos dentro de la empresa; pero para este caso se analizará la recuperación de la inversión solamente para la producción de chapas de compuerta.

Sabiendo que la producción diaria es constante entonces la utilidad por día del sistema de producción de chapas de compuerta es de 22,63 \$ y la utilidad a la semana es de 113,15 \$

Pensando en los peores casos y asumiendo que durante un año por circunstancias varias (mantenimiento, vacaciones, averías, etc.) se trabajarán 9 meses nos dará una utilidad mensual de:

$$UA = 113,15 \frac{\$}{semana} * 36 \text{ semana} = 4073,4 \$$$

Con el Valor Actual Neto (VAN) se puede determinar el tiempo de recuperación de la inversión. Con una tasa de descenso de 12% un VAN de:

$$\begin{aligned} VAN_1 &= -P + \frac{UA_1}{(1 + 12\%)^1} \\ &= -4328 + \frac{4073}{(1 + 12\%)^1} = -691,39 \$ \end{aligned}$$

En el primer año no se recupera lo invertido ya que el VAN1 es negativo; por lo que se realiza el VAN para el segundo año suponiendo las peores condiciones para el sistema de producción y sin ningún tipo de desarrollo económico por lo que:

$$\begin{aligned} VAN_2 &= -P + \frac{UA_2}{(1 + 12\%)^1} \\ &= -691,39 + \frac{4073}{(1 + 12\%)^2} = 2555,58 \$ \end{aligned}$$

Por lo que como podemos ver que el tiempo de recuperación de la inversión sería en el peor de los escenarios el segundo año desde la implementación del sistema de producción de chapas de compuerta.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- Al implementar un nuevo sistema productivo de chapas de compuertas para planchas de acero de hasta 0,5 mm de espesor; se redujo los costos de producción en un 17,14 %.
- En la operación “Embutido de chapas de compuerta” se puede evidenciar una reducción de tiempo de 0,175 \$/lote evidenciando que la implementación de la prensa hidráulica fue la elección correcta.
- El tiempo de recuperación de la inversión es en el peor de los escenarios el segundo año desde la implementación del sistema de producción de chapas de compuerta.
- El análisis de las operaciones es de vital importancia al momento de desarrollar el método de planeación sistemática de Muther para la selección del proceso productivo.
- Los costos de transporte son los más determinantes en el costo total del sistema de producción de chapas de compuerta siendo estos el 60% del costo total.
- Al poder controlar la velocidad de avance del pistón de la prensa hidráulica la calidad del producto mejoró y las planchas de acero con fallos o cortes no deseados disminuyeron en un 30%.
- Debido a que la porta matriz de la prensa hidráulica es la adecuada para este tipo de operaciones la demora por calibración disminuye.

- Con la implementación del nuevo sistema de producción de chapas de compuerta el área de soldado y el puesto de trabajo de pulido están ubicados de tal forma que estas operaciones no afecten la integridad del producto.
- El retiro del centro de mecanizado uno (**Ver Anexo 1**) a pesar de no ser planificado, ayudo a la disposición final del sistema de producción de chapas de compuerta ya que en ese espacio se dispuso para el puesto de trabajo de soldado (**Ver Anexo 2**).
- El sistema tiene la capacidad de aumentar la producción ya que la prensa hidráulica implementada es utilizada para este sistema de producción en un 20% de su capacidad total.
- Los troqueles Niagara Machine & Toolworks A 3 1/2 y Johnson Machine & Press Corp se utilizan para los sistemas de producción originalmente adquiridos mejorando la producción de dichos procesos.
- Los aspectos de ponderación deben ser cuidadosamente seleccionados para obtener una selección de alternativa adecuada para las limitaciones de la empresa.
- La empresa tiene la capacidad de expandir su oferta en cuanto a procesos de embutición se refiere ya que la prensa puede ser utilizada dependiendo de la matriz que se coloque en una variedad de procesos diferentes.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda tener un constante control del sistema de producción de chapas de compuerta por lo menos el primer semestre desde su implementación.
- No se debe tomar a la disposición final arrojada por el software de libre acceso como la mejor opción a implementar en la práctica.
- Se debería utilizar el software de libre acceso solo como ayuda para obtener los costos de transporte entre operaciones.
- Para mantener la disminución de los costos de producción no se debería modificar las disposiciones implementadas los puestos de trabajo.

- Para la introducción de las coordenadas en el software de libre acceso se recomienda realizar un plano real de la planta con sus respectivas coordenadas.
- El área de pintura no debería cambiar de posición ya que está alejada de los demás procesos evitando riesgos tanto para el operario como para el producto final de este o cualquier otro proceso productivo
- Se debería analizar los tiempos de transporte entre operaciones ya que es ahí donde se genera un mayor costo para la producción.
- Se recomienda analizar los demás sistemas de producción en busca de su mejora continua.
- Aumentar el área de trabajo de ensamble con el fin de evitar aglomeraciones y agilizar los procesos.
- Tener un registro de las planchas de acero producidas para verificar la calidad del producto.
- Se debería tener las especificaciones técnicas de los componentes de la maquinaria que se va a modificar para un correcto funcionamiento de la misma.
- Los finales de carrera deberían estar ubicados de tal manera que la carrera del pistón no sea excesivamente larga o demasiado corta para realizar los procesos.

## Bibliografía

- [1] F. Autoform. (2017, 27, Oct.) LISTADO DE EMPRESAS FABRICANTES DE CARROCERÍAS AUTORIZADAS POR LA ANT. [Online]. <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargables/file/1885-listado-de-empresas-fabricantes-de-carrocerias-autorizadas-por-ant-04-11-2013>
- [2] M. Moreta, "54 empresas carroceras ya tienen certificación," *Revista Líderes*, vol. 33, p. 33, Agosto 2015.
- [3] A. Franklin, "Reingeniería del proceso de fabricación, rediseño de matrices y simulación del proceso de embutición de la vajillas de campaña de lámina de aluminio temple H0 tipo bandeja de capacidad de un litro de E.M. Santa Bárbara E.P.," Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador, Tesis 2013.
- [4] Patricio J, Patricio M, and Q. Vinicio, "Diseño del proceso de fabricación para accesorios de grifería del grupo F.V. y construcción de matricería del molde 406.19," Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Ecuador , Tesis 2010.
- [5] Calle G, "Ensayo de Embutido," Laboratorio de resistencia de materiales UTP, Cáli. Colombia, Ensayo 2012.
- [6] E. Santos De la Cruz. (2013, Marzo) PROCESOS DE PRODUCCIÓN POR EMBUTICIÓN. [Online]. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdatapublicaciones/indata/Vol2\\_n1/pdf/proceso.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdatapublicaciones/indata/Vol2_n1/pdf/proceso.pdf).



- [7] Autoform G. (2012, Octubre) ESTUDIO DEL TRABAJO OIT. [Online].  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo//>
- [8] Roger S, G, Susan, and R.M. Johny, *Administración de operaciones Conceptos y casos contemporaneos*, Tercera Edición ed. New York, USA: Mc Graw Hill Educación, 2011.
- [9] Ingeniería en la Industria. (2014, Abril) Dedicado a todas las operaciones de ingeniería llevadas a cabo dentro de la industria. [Online]. <http://ingdustrial-diegohernandez.blogspot.com/>
- [10] H. Autoform Generalidades. (2008, Marzo) Cursograma analítico. [Online].  
[http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMet1/POLILIBRO/2%20POTAL/P4%20CURSOGRAMA%20ANALITICO/GENERALIDADES\\_4.htm](http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMet1/POLILIBRO/2%20POTAL/P4%20CURSOGRAMA%20ANALITICO/GENERALIDADES_4.htm)
- [11] Iván García Sánchez. (2010, Junio) Conocer los diagramas de recorrido. [Online]. Internet:  
<https://sites.google.com/site/ivangarciasanchez90/objetivos/gestion-tema-7/10o>
- [12] Kanawaty G, *Introducción al estudio del trabajo OIT*, Cuarta edición ed. Ginebra, Suiza: Copyright Organización Internacional del trabajo, 1998.
- [13] CH. Richard B, A, Nicholas J, and J.F. Robert, *Administración de Producción y Operaciones*, Cuarta Edición ed. Santa Fe de Bogotá,

Colombia: Mc Graw Hill Educación, 2002.

- [14] M. Autoform. (2009, Marzo) Introducción al programa WIN QSB. [Online]. [www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf](http://www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf) /
- [15] Benjamin W N and Freivalds A, *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*, Segunda Edición ed. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Educación, 2009.
- [16] G. Autoform. (2014, Agosto) Método de planeación sistemática de la distribución de Muther (PSD). [Online]. [https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf](https://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf) //
- [17] C R. Julian M, Lucas M, and RR. Juan Carlos, *Procesos Industriales para Materiales Metálicos*, Segunda Edición ed. Madrid, España: Grupo Corporativo Visionnet, 2006.
- [18] J. Atoform. (2006, Julio) Group OP - P3000 Series. [Online]. <http://www.dynamics.com/downloads/prodcat/grp-0p.pdf>
- [19] K. Autoform. (2016, Julio) Rockwell Automation. [Online]. <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229254/3170945/229537/print.html>
- [20] D.J. Autoform. (2015, Enero) Induelectro, Harok. [Online]. <http://www.induelectro.cl/site/index.php/es/component/k2/item/245-luz-piloto-led-modelo-hd-16-22d-s4-harok>

[21] M. Autoform. (2016, Marzo) Huye, HUP7 series. [Online].  
<http://www.controlmovimiento.com.mx/productos/huyu/>

# **ANEXOS**

**Anexo 1A** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “recepción de la materia prima”

Actividad Principal		Descripción de actividades	Ciclos (seg/hombre)										Resumen				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	T <sub>prom</sub>	ID	TN	TE
1	Recepción materia prima	Se receipta las planchas de acero previamente cortadas por el proveedor en el área de parqueo	30	29	39	28	29	28	31	31	32	33	310	31	95%	29,5	29,5
2	Inspección flejes de acero antes del almacenamiento	Se revisa que las planchas de acero cumplan con las dimensiones especificadas para la embutición.	41	42	45	43	45	42	43	47	45	46	439	43,9	110%	48,3	48,3
3	Transporte a bodega de M.P	Se transporta las planchas de acero verificadas al área de bodega de materia prima	41	42	45	44	41	44	45	43	45	46	436	43,6	105%	45,8	45,8
4	Almacenamiento planchas de acero	Se almacena las planchas de acero en la bodega de materias primas	24	23	24	25	25	22	24	24	26	23	240	24	95%	22,8	22,8

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1B** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “embutido chapa de compuerta 1”

Actividad Principal		Descripción de actividades	Ciclos (seg/hombre)										Resumen				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	T <sub>prom</sub>	ID	TN	TE
5	Transporte matriz 1.1 de embutido al troquel 1	Se transportan la matriz 1.1 de embutición al troquel 1 (troquel de embutido)	61	58	62	60	57	57	62	60	61	595	59,5	100%	59,5	59,5	
6	Colocación de matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	Se coloca la matriz 1.1 de embutido en el troquel 1 (troquel de embutido)	117	116	117	116	118	119	116	115	118	118	1170	117	85%	99,5	99,5
7	Demora por calibración de matrices	Demora por calibración y ajuste de la matriz 1.1 de embutición en el troquel 1 (troquel de embutido)	285	305	287	290	306	301	305	290	302	302	2973	297,3	90%	267,6	267,6
8	Transporte M.P. troquel 1	Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente al troquel 1 (troquel de embutido)	88	87	86	88	87	86	85	86	86	87	866	86,6	110%	95,3	95,3
9	Colocación M.P. matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	Se coloca las planchas de acero en las matrices de embutición	22	21	20	20	21	23	22	23	22	20	214	21,4	90%	19,3	19,3
10	Embutido de planchas de acero	Se embuten las planchas de acero con la matriz 1.1 en el troquel 1 (troquel de embutido)	96	100	102	100	98	105	100	101	102	99	1003	100,3	100%	100,3	100,3

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1C** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “embutido chapa de compuerta 2”

Actividad Principal		Descripción de actividades	Ciclos (seg/hombre)										Resumen					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE	
5		Transporte matriz 1.2 de embutido al troquel 1	Se transportan la matriz 1.2 de embutición al troquel 1 (troquel de embutido)	60	61	62	61	62	63	64	62	63	61	619	61,9	100%	61,9	61,9
6		Colocación de matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 1	Se coloca la matriz 1.2 de embutido en el troquel 1 (troquel de embutido)	98	97	96	97	98	96	99	95	99	96	971	97,1	85%	82,5	82,5
7		Demora por calibración de matrices	Demora por calibración y ajuste de la matriz 1.2 de embutición en el troquel 1 (troquel de embutido)	285	286	286	286	287	287	286	287	288	287	2865	286,5	90%	257,9	257,9
8		Transporte M.P. troquel 1	Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente al troquel 1 (troquel de embutido)	87	88	87	88	86	89	88	86	87	88	874	87,4	110%	96,1	96,1
9		Colocación M.P. matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 1	Se coloca las planchas de acero en las matrices de embutición	22	21	22	23	23	21	22	23	21	22	220	22	90%	19,8	19,8
10		Embutido de planchas de acero	Se embuten las planchas de acero con la matriz 1.2 en el troquel 1 (troquel de embutido)	103	100	102	102	103	102	103	103	104	105	1027	102,7	100%	102,7	102,7

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1D** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “corte de excesos”

Actividad Principal		Descripción de actividades	Ciclos (seg/hombre)										Resumen					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE	
11		Transporte matriz de corte al troquel 2	Se transportan las matrices de corte y perforado al troquel 2 (troquel de corte)	65	64	66	65	66	63	66	65	67	66	653	65,3	100%	65,3	65,3
12		Colocación de matriz de corte	Se coloca las matrices de corte y perforado en troquel 2 (troquel de corte)	117	121	123	123	119	120	120	122	124	120	1209	120,9	100%	120,9	120,9
13		Demora por calibración de matrices	Demora por calibración y ajuste de las matrices de corte y perforado en el troquel 2 (troquel de corte)	180	178	179	181	180	180	179	179	180	181	1797	179,7	110%	197,7	197,7
14		Transporte planchas embutidas troquel 2	Se transportan las planchas de acero previamente embutidas al troquel 2 (troquel de corte)	21	20	20	21	26	24	20	20	22	25	219	21,9	95%	20,8	20,8
15		Transporte planchas embutidas soldadora	Transporte manual de planchas embutidas a la soldadora	43	42	41	44	43	45	43	43	45	44	433	43,3	95%	41,1	41,1
16		Transporte planchas embutidas esmeril	Transporte manual de planchas embutidas al esmeril	70	71	73	72	72	73	74	71	72	73	721	72,1	110%	79,3	79,3
17		Transporte planchas embutidas mesas de ensamble	Transporte de planchas embutidas a mesas de ensamble	41	40	42	41	42	40	40	41	40	39	406	40,6	100%	40,6	40,6
18		Colocación planchas embutidas matrices de corte	Se coloca las planchas previamente embutidas sobre las matrices de corte y perforado	23	22	21	22	19	21	19	21	22	22	212	21,2	95%	20,1	20,1
19		Corte y perforado de chapas	Se cortan el exceso de material al mismo tiempo se realiza el proceso de perforado de las planchas de acero ya embutidas	62	61	61	59	61	60	63	60	59	58	604	60,4	85%	51,3	51,3
20		Inspección de chapas	Se revisa que las dimensiones de las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas sean las requeridas para el ensamble de las chapas	60	61	57	58	60	59	61	58	59	61	594	59,4	90%	53,5	53,5



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1E** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “soldado de partes y acoples”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																		
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Soldado de partes y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 15/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen						
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
21	Transporte planchas cortadas soldadora	Se transporta las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas al área de soldadura		41	42	47	45	40	42	44	46	47	436	43,6	110%	48,0	48,0	
22	Transporte planchas cortadas esmeril	Transporte de planchas embutidas y cortadas al esmeril		90	88	87	88	87	87	89	89	90	87	882	88,2	100%	88,2	88,2
23	Transporte planchas cortadas mesas de ensamble	Transporte de planchas embutidas y cortadas a mesas de ensamble		51	51	52	50	51	53	52	50	51	52	513	51,3	95%	48,7	48,7
24	Transporte acoples	Transporte de acoples y partes de la bodega de M.P. al área de soldado		68	67	68	69	67	66	68	68	67	68	676	67,6	95%	64,2	64,2
25	Soldado piezas planchas de acero	Soldado del eje acoplador así como uniones y partes para el ensamble de las chapas de compuerta		23	22	24	22	21	25	22	24	21	22	226	22,6	100%	22,6	22,6



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1F** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “pulido de bordes y acoples”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																		
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Pulido de planchas y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 15/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen						
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
26	Transporte esmeril	Se transporta las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas y soldadas al esmeril		60	61	62	61	60	64	62	64	64	60	618	61,8	100%	61,8	61,8
27	Esmerilado planchas embutidas	En esta operación se esmerila los bordes de las planchas cortadas y los cordones de soldadura		32	34	33	36	32	35	34	33	32	34	335	33,5	110%	36,9	36,9

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1G** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “ensamble de planchas y acoples”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																		
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Ensamble de planchas y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 15/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen						
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
28	Transporte mesas de ensamble	Se transportan las planchas de acero al área de ensamble		83	83	81	84	82	83	82	81	84	82	825	82,5	100%	82,5	82,5
29	Transporte acoples y uniones	Se transportan los acoples de la bodega de M.P. a las mesas de ensamble		110	112	111	114	112	113	114	114	113	111	1124	112,4	90%	101,2	101,2
30	Ensamble planchas de acero	Se ensamban las planchas de acero para conformar las chapas de compuerta		91	92	93	90	91	93	92	93	91	92	918	91,8	100%	91,8	91,8

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1H** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “protección anticorrosiva”

Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
31	Transporte cámara de pintura	Se trasladan las chapas de compuerta al área de pintura, específicamente a la cámara de pintura		180	182	183	182	181	182	183	182	183	180	1818	181,8	110%	200,0	200,0
32	Protección anticorrosiva chapas de compuerta	Se desensambla las planchas de acero embutidas antes de poder darles una capa de protección anticorrosiva		35	36	37	33	34	35	36	37	35	37	355	35,5	110%	39,1	39,1

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 1I** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “almacenaje y embarque de chapas de compuerta”

Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
36	Transporte a bodega	Se traslada las chapas de compuerta embutidas al área de bodega de productos terminados		62	58	62	63	58	58	57	58	58	56	590	59	100%	59,0	59,0
37	Almacenaje chapas embutidas (producto final)	Se almacenan las chapas de compuerta embutidas en el área de productos terminados para su posterior embarque		13	14	12	12	14	12	14	13	14	16	134	13,4	100%	13,4	13,4
38	Transporte Parquadero	Transporte de chapas de compuerta de la bodega de P.T. al parqueadero		145	144	145	143	146	147	143	143	144	145	1445	144,5	100%	144,5	144,5

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 2** Características técnicas del acero AISI 1018”



## ACERO AISI-SAE 1018 (UNS G10180)

**1. Descripción:** este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 108

**3. Propiedades mecánicas:** Dureza 126 HB (71 HRb)  
 Esfuerzo de fluencia 370 MPa (53700 PSI)  
 Esfuerzo máximo 440 MPa (63800 PSI)  
 Elongación máxima 15% (en 50 mm)  
 Reducción de área 40%  
 Modulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)  
 Maquinabilidad 76% (AISI 1212 = 100%)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)



**5. Propiedades químicas:** 0.15 – 0.20 % C  
 0.60 – 0.90 % Mn  
 0.04 % P máx  
 0.05 % S máx

**6. Usos:** se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina

NOTA:  
 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.



**Fuente:** Catalogo de características técnicas del acero AISI 1018 “IRESTAL GROUP”

### Anexo 3A Costos de la operación “recepción de materia prima”

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
<b>Carrera:</b> Facultad de Ingeniería Mecánica				<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe		<b>Observador:</b> David Santana			
<b>Identificación de la operación:</b> Recepción de materia prima				<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería				<b>Fecha:</b> 29/03/2016	
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
1	Recepción materia prima Se receipta las planchas de acero previamente cortadas por el proveedor en el área de parqueo	310	31	95%	29,5	33,6	10	0,093	0,290
2	Inspección planchas de acero antes del almacenamiento Se revisa que las planchas de acero cumplan con las dimensiones especificadas para la embutición.	439	43,9	110%	48,3	55,1	10	0,153	0,476
3	Transporte a bodega de M.P Se transporta las planchas de acero verificadas al área de bodega de materia prima	436	43,6	105%	45,8	52,2	10	0,145	0,451
4	Almacenamiento planchas de acero Se almacena las planchas de acero en la bodega de materias primas	240	24	95%	22,8	26,0	10	0,072	0,225
<b>Costo de la operación</b>								<b>1,441</b>	

**Fuente:** Elaborado por el autor

### Anexo 3B Costo de la operación “Embutido chapa de compuerta 1”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Embutido chapa de compuerta 1		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
5	Transporte matrices de embutido	595	59,5	100%	59,5	67,8	1	0,019	0,059
6	Colocación de matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	1170	117	85%	99,5	113,4	1	0,031	0,098
7	Demora por calibración de matrices	2973	297,3	90%	267,6	305,0	1	0,085	0,264
8	Transporte M.P. troquel 1	866	86,6	110%	95,3	108,6	1	0,030	0,094
9	Colocación M.P. matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	214	21,4	90%	19,3	22,0	4	0,024	0,076
10	Embutido de planchas de acero	1003	100,3	100%	100,3	114,3	4	0,127	0,395
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,985</b>



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 3C Costo de la operación “Embutido chapa de compuerta 2”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Embutido chapa de compuerta 2		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
5	Transporte matriz 1.2 de embutido al troquel 1	619	61,9	100%	61,9	70,6	1	0,020	0,061
6	Colocación de matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 1	971	97,1	85%	82,5	94,1	1	0,026	0,081
7	Demora por calibración de matrices	2865	286,5	90%	257,9	293,9	1	0,082	0,254
8	Transporte M.P. troquel 1	874	87,4	110%	96,1	109,6	1	0,030	0,095
9	Colocación M.P. matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 1	220	22	90%	19,8	22,6	4	0,025	0,078
10	Embutido de planchas de acero	1027	102,7	100%	102,7	117,1	4	0,130	0,405
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,974</b>



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 3D Costos de la operación “corte de excesos”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 										
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana						
Identificación de la operación: Corte de planchas de acero		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016					
Descripción de elementos		Resumen								
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)	
11	Transporte matriz de corte al troquel 2	653	65,3	100%	65,3	74,4	1	0,021	0,064	
12	Colocación de matriz de corte	1209	120,9	100%	120,9	137,8	1	0,038	0,119	
13	Demora por calibración de matrices	1797	179,7	110%	197,7	225,3	1	0,063	0,195	
14	Transporte planchas embutidas troquel 2	219	21,9	95%	20,8	23,7	1	0,007	0,020	
15	Transporte planchas embutidas soldadora	433	43,3	95%	41,1	46,9	1	0,013	0,041	
16	Transporte planchas embutidas esmeril	721	72,1	110%	79,3	90,4	1	0,025	0,078	
17	Transporte planchas embutidas mesas de ensamble	406	40,6	100%	40,6	46,3	1	0,013	0,040	
18	Colocación planchas embutidas matrices de corte	212	21,2	95%	20,1	23,0	4	0,026	0,079	
19	Corte y perforado de chapas	604	60,4	85%	51,3	58,5	4	0,065	0,202	
20	Inspección de chapas	594	59,4	90%	53,5	60,9	4	0,068	0,211	
<b>Costo de la operación</b>									<b>1,050</b>	



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 3E Costos de la operación “soldado de partes y acoples”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 										
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana						
Identificación de la operación: Soldado de partes y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016					
Descripción de elementos		Resumen								
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)	
21	Transporte planchas cortadas soldadora	436	43,6	110%	48,0	54,7	1	0,015	0,047	
22	Transporte planchas cortadas esmeril	882	88,2	100%	88,2	100,5	1	0,028	0,087	
23	Transporte planchas cortadas mesas de ensamble	513	51,3	95%	48,7	55,6	1	0,015	0,048	
24	Transporte acoples	676	67,6	95%	64,2	73,2	1	0,020	0,063	
25	Soldado piezas planchas de acero	226	22,6	100%	22,6	25,8	2	0,014	0,045	
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,290</b>	



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 3F Costos de la operación “pulido de planchas y acoples”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica					Operario: Juan Guamanquispe			Observador: David Santana	
Identificación de la operación: Pulido de planchas y acoples					Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016	
Descripción de elementos					Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
26	Transporte esmeril	618	61,8	100%	61,8	70,5	1	0,020	0,061
27	Esmerilado planchas embutidas	335	33,5	90%	30,2	34,4	4	0,038	0,119
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,180</b>



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 3G Costos de la operación “ensamble de planchas de acero”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica					Operario: Juan Guamanquispe			Observador: David Santana	
Identificación de la operación: Ensamble de planchas y acoples					Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016	
Descripción de elementos					Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
28	Transporte mesas de ensamble	825	82,5	100%	82,5	94,1	1	0,026	0,081
29	Transporte acoples y uniones	1124	112,4	90%	101,2	115,3	1	0,032	0,100
30	Ensamble planchas de acero	918	91,8	100%	91,8	104,7	4	0,116	0,362
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,543</b>



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 3H Costos de la operación “protección anticorrosiva”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica					Operario: Juan Guamanquispe			Observador: David Santana	
Identificación de la operación: Pintado de chapas de compuerta					Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016	
Descripción de elementos					Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
31	Transporte cámara de pintura	1818	181,8	110%	200,0	228,0	1	0,063	0,197
32	Pintado chapas de compuerta	355	35,5	110%	39,1	44,5	4	0,049	0,154
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,351</b>

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 3I** Costos de la operación “almacenaje de chapas de compuerta”

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe	Observador: David Santana						
Identificación de la operación: Almacenaje y embarque de chapas de compuerta		Empresa: Ingeniería del acero y matricería	Fecha: 29/03/2016						
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
36	Transporte a bodega	590	59	100%	59,0	67,3	1	0,019	0,058
37	Almacenaje chapas embutidas (producto final)	134	13,4	100%	13,4	15,3	1	0,004	0,013
38	Transporte Parqueadero	1445	144,5	100%	144,5	164,7	1	0,046	0,142
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,214</b>

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 4A** Disposición 1 de la planta arrojada por el programa

r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	P					N	N	N	N
2	L																						L	P				N	N	N	N
3	L																							L	P			N	I	I	I
4	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	P				N	I	I	I
5	O	O	O	M	O	O	M	F	F	P	P	O	O	O	O	G	G	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
6	O		O	M	M	M	M	F	F	P	P	O	O	O	O	G	G	N	N								N	K	K	K	
7	O	O	O	M				M	M	M	M	C	C	M	M	M	P	P	P	N							N	K		K	
8	M	M	M									M	M	M	D	D	P		P	N							N	K		K	
9	M		M	M				M	M		M	M	D	D	D	D	P	P	P	N							N	K	K	K	
0	M	M	O	O	M	M	M	H	H	M	O	O	O	O	O	O	O	N	N								N	N	N	N	
1	O	O			O	E	E	H	H	M	O							O	N											N	
2	O	O	O	O	O	E	E	H	H	M	O	O	O	O	O			O	N												N
3	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	B	B	B	O	O	N													N
4	L											L	A	A	A	A	N														N
5	L											L	A			A	N														N
6	L											L	A			A	N														N
7	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	A	A	A	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<b>Total Cost =15,97</b>																															
Switch Departments: D. Embutición H. Ensamble M. Pasillos (Euclidian Distance)																															

Fuente: Elaborado por el autor









## Anexo 5 Propiedades del acero

Material	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Módulo de elasticidad [Gpa]	Resistencia a fluencia [Mpa]	Resistencia a la rotura [Mpa]	Ductilidad % alarg. en 2 pulgadas	coeficiente de Poisson	Conduct. Térmica [W/m-°C]	Coef. de dilatación (°C) <sup>-1</sup> 10 <sup>-6</sup>
Fundición	7870	207	130	260	45	0.29	80	11.8
fundición gris	7150	variable	---	125	--	variable	46	10.8
fundición nodular	7120	165	275	415	18	0.28	33	11.8
fundición maleable	7200	172	220	345	10	0.26	51	11.9
Acero AISI 1020	7860	207	295	395	37	0.30	52	11.7
Acero AISI 1040	7850	207	350	520	30	0.30	52	11.3
Acero AISI 1080	7840	207	380	615	25	0.30	48	11.0
Acero AISI 446	7500	200	345	552	20	0.30	21	10.4
Acero AISI 316	800	193	207	552	60	0.30	16	16.0
Acero AISI 410	7800	200	275	483	30	0.30	25	9.9

## Anexo 6 Características de la bomba hidráulica



### GROUP OP – P3000 SERIES

#### PERFORMANCE DATA

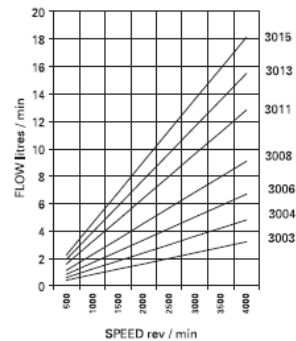
Pressures quoted are relief valve maximum by-pass  
Performance with SAE 20W oil at 50° C

PUMP TYPE	Nominal Displacement	Nominal Delivery @ 1500 rpm & Pressure P	Maximum Continuous Pressure P		Speed at Maximum Continuous Pressure P	
			psi	bar	Max	min
	cc/rev	lpm				
3003	0.80	1.20	3000	207	4000	500
3004	1.20	1.80	3000	207	4000	500
3006	1.67	2.50	3000	207	4000	500
3008	2.27	3.40	3000	207	4000	500
3011	3.20	4.80	3000	207	4000	500
3013	3.87	5.80	3000	207	4000	500
3015	4.53	6.80	3000	207	4000	600

#### TYPICAL PERFORMANCE

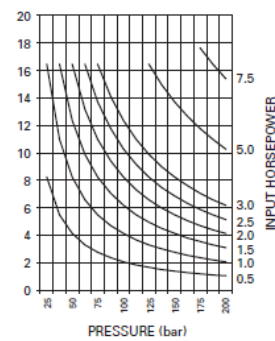
##### TYPICAL PUMP DELIVERY

Flow at Max. Pressure.



##### TYPICAL INPUT HORSEPOWER

Fluid SAE 20W  
Fluid Temperature 50° C





## RANDO HD

32, 37, 46, 68, 100, 150, 220

Rando HD es una serie de aceites lubricantes formulados con bases grupo II altamente refinadas y aditivos antidesgaste para lubricación de sistemas hidráulicos. Está aprobado por diversos fabricantes de bombas hidráulicas.

### APLICACIONES

La serie Rando HD está recomendada para la lubricación de bombas de sistemas hidráulicos equipados con bombas de paleta o de engranajes, en presiones hasta 5000 psi y/o rotaciones arriba de 1200 rpm. También está recomendada para sistemas hidráulicos equipados con bombas de pistón operando a cualquier presión.

La serie Rando HD puede ser utilizada en diversas otras aplicaciones industriales, como compresores, motores hidráulicos y sistemas circulatorios en general, cuando es requerido un producto de estos grados de viscosidad y con características de protección antidesgaste.

Esta serie no debe ser utilizada, cuando las especificaciones del fabricante requieran productos libres de zinc.

Los aceites Rando<sup>1</sup> HD cumplen:

#### • Requerimientos de los principales fabricantes

- **Bosch Rexroth** (ISO 32, 46 y 68)
- **Cincinnati Machine** P-68 (ISO 32), P-70 (ISO 46), P-69 (ISO 68).
- **Parker Hannifin** (anteriormente conocido como Denison) HF-0, HF-1, HF-2 y T6H2OC (ISO 32, 46 y 68))
- **Eaton-Vickers** 35VQ25A pump, I-286-S (ISO 32, 46 y 68), M2950-S (ISO 32, 46 y 68)

1. productos manufacturados en:  
Argentina (ISO 32, 37, 46, 68, 100, 150, 220)  
Chile (ISO 32, 46, 68)  
Colombia (ISO 32, 46, 68, 100, 150)  
Ecuador (ISO 32, 46, 68)  
El Salvador (ISO 32, 46, 68, 100, 150)

#### • Requerimientos de aceites para sistemas circulatorios

- **AFNOR** NF E 48-603 HM (ISO 32, 46, 68, 100 y 150)
- **ANSI/AGMA** 9005-EO2, Lubricación de Engranajes Industriales, para lubricación de engranajes como aceites para engranajes con herrumbre y oxidación inhibidos (ISO 46, 68, 100, 150 y 220).
- **ASTM** D-6158 Class HM (ISO 32, 46, 68, 100 y 150)
- **DIN** 51524 parte 2 HLP - Aceite para sistemas hidráulicos con aditivación antidesgaste y también R&O. (ISO 22, 32, 46, 68 y 100)
- **ISO** 11158 HM (ISO 22, 32, 46, 68, 100 y 150)

### BENEFICIOS

La serie Rando HD proporciona:

- **Intervalos de cambios más largos** - por su formulación con bases grupo II que le proporciona una alta estabilidad a la oxidación.
- **Mayor vida útil a los equipos** — un paquete aditivo antidesgaste minimiza el desgaste protegiendo las superficies cuando la carga causa una falla en la película lubricante.
- **Tiempo de inactividad minimizado** — su efectivo sistema inhibidor de herrumbre, corrosión y oxidación ayuda a evitar la producción de partículas abrasivas derivadas de la formación de herrumbre y depósitos, barnices y lodos debidos a la falla del aceite, los cuales pueden dañar las superficies y sellos del equipo y bloquear los filtros de forma prematura.
- **Operación suave** — sus buenas características de estabilidad hidrolítica y de separación de agua promueven una excelente filtrabilidad en la presencia de contaminación por agua. Sus propiedades anti espuma y de liberación de aire aseguran una operación suave y eficiencia del sistema.

### MANEJO:

Para información sobre seguridad en el manejo de este producto, referirse a la hoja de seguridad o contacte a su representante de ventas.

**CARACTERISTICAS TIPICAS:**

Grado ISO	Método ASTM	32	37	46	68
Código de producto	-	1657	21481	1658	1659
Código de hoja de seguridad MSDS					
Argentina		ARGL007D	ARGL007D	ARGL007D	ARGL007D
Chile		CHL01657	-	CHL01657	CHL01657
Colombia		COL01657	-	COL01657	COL01657
Ecuador		27068	-	27068	27068
El Salvador		26352	-	26352	26352
Color ASTM	D-1500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Densidad @ 15°C	D-4052	0,861	0,863	0,866	0,869
Viscosidad cinemática					
cSt @ 40 °C	D-445	32,2	37,1	46,4	68,76
cSt @ 100 °C	D-445	5,53	6,01	6,89	8,98
Índice de viscosidad	D-2270	108	106	103	104
Punto de inflamación, °C	D-92	226	232	242	246
Punto de fluidez, °C	D-97	-30	-27	-30	-27
Espuma, Tend./Estab., ml					
Seq I	D-892	0/0	0/0	0/0	0/0
Seq II	D-892	0/0	0/0	0/0	0/0
Neutralización, mg KOH/g	D-974	0,40	0,40	0,40	0,40
Corrosión lámina de cobre	D-130	1A	1A	1A	1A
Emulsión @ 54,4°C, tiempo de separación, minutos	D-1401	5	10	10	10

**Anexo 8** manguera R2 con doble capa de malla y con acoples de ¾ para las conexiones



**SAE 100 R2AT / EN 853 2SN**

**TEMPERATURE RANGE :** -40°C (-40°F) to +120°C (+248°F)

**APPLICATION :** High pressure hydraulic oils, air and water

**TUBE :** Synthetic oil resistant rubber

**REINFORCEMENT :** 2 high tensile steel wire braids

**COVER :** Synthetic rubber - abrasion, ozone and weather resistant


**IMPULSE CYCLES :** 200,000

**BRANDING :** Blue transfer tape with white text 'SUNFLEX SAE 100 R2AT / EN 853 2SN'

Hose Size						Max Working Pressure		Minimum Burst Pressure		Minimum Bend Radius	
DN	dash	I.D.		R.O.D.	O.D.	psi	bar	psi	bar	inch	mm
		inch	mm	mm	mm						
6	-4	1/4	6.4	12.7	15.1	5800	400	23200	1600	4.0	100
8	-5	5/16	7.9	14.3	16.7	5100	350	20400	1400	4.5	115
10	-6	3/8	9.5	16.7	19.1	4800	330	19200	1320	5.1	130
12	-8	1/2	12.7	19.8	22.2	4000	276	16000	1103	7.1	180
16	-10	5/8	15.9	23.0	25.4	3600	250	14400	1000	7.9	200
19	-12	3/4	19.0	27.0	29.4	3100	215	12400	860	9.4	240
25	-16	1	25.4	35.0	37.3	2400	165	9600	660	11.8	300
32	-20	1 1/4	31.8	44.5	48.3	1800	125	7200	500	16.5	420
38	-24	1 1/2	38.1	51.0	54.7	1300	90	5200	360	19.7	500
51	-32	2	50.8	63.5	67.4	1160	80	4640	320	24.8	630
60	-38	2 3/8	60.3	71.5	75.8	1015	70	4060	280	30.0	762
64	-40	2 1/2	63.5	76.2	82.5	1000	69	4000	276	30.0	762
76	-48	3	76.2	89.4	96.0	650	45	2600	179	36.0	915
90	-56	3 1/2	90.0	101.2	107.5	400	28	1600	110	42.0	1067
100	-64	4	101.6	113.2	118.5	365	25	1460	101	43.5	1105




## Anexo 9 Características de la válvula nodular de solenoide



**FluidDyne**  
FLUID POWER

**New FluidDyne Valves**



**4 Way 3 and 2 position solenoid operated directional valves for D03 and D05 valves with a variety of voltage and spool configurations.**

- D03 & D05
- 18 month warranty
- Flow rate 14 GPM for D03
- Cost effective replacement to Rexroth, Bosch, Vickers, and Parker with superior performance
- Flow rate 22 GPM for D05
- Large inventory allows same day shipment in most cases.
- 350 bar / 5000 PSI
- Endurance tested to 10 million cycles

**WFDG4V3 Model Code Table (D03)**

WFDG4V3(S) 2 C M FTWL B 560

- WFDG4V3(S) → D03 Sub plate mounted 4-way directional valve
- 2 → Spool Config. See Chart
- C → Spool Arrangement: A-Spring offset single solenoid, B-Spring centered single solenoid, C-Spring centered double solenoid
- M → Electrical Options available (e.g. Light Kit)
- FTWL → FTWL- Flying lead, wired terminal block, wire housing, and light kit. U-Din connector (ISO 43650)
- B → Cell Identification: B- 110/120 Volts AC, D- 220/240 Volts AC, G- 12 Volt DC, H- 24 Volt DC
- 560 → Design Code

**FluidDyne - VICKERS DESIGN COIL**

For coils Mfg after 2008

**D03 SIZE**

RATED VOLTAGE	Hz	WORKING VOLTAGE	IN-RUSH CURRENT	HOLDING CURRENT	POWER WATTS
DC12	—	10.8-13.2	—	2.5A	30
DC24	—	21.6-26.4	—	1.25A	30
AC110V	50/60 Hz	99-121	1.7A	0.48A	30
AC220V	50/60 Hz	198-242	0.85A	0.25A	30

**D05 SIZE**

RATED VOLTAGE	Hz	WORKING VOLTAGE	IN-RUSH CURRENT	HOLDING CURRENT	POWER WATTS
DC12	—	10.8-13.2	—	3A	36
DC24	—	21.6-26.4	—	1.5A	36
AC110V	50/60 Hz	99-121	4.49A	0.87A	40
AC220V	50/60 Hz	198-242	2.9A	0.55A	40

**WFDG4S4 Model Code Table (D05)**

WFDG4S4 LW 01 2 C U B 60

- WFDG4S4 → D05 Sub plate mounted 4-way directional valve
- LW → Light Kit & Wire Housing
- 01 → Dmi- for Din connectors
- 2 → Spool Options See spool chart
- C → Spool Arrangement: A-Spring offset single solenoid, B-Spring centered single solenoid, C-Spring centered double solenoid
- U → U-Din connectors (ISO 43650)
- B → Cell Identification: B- 110/120 Volts AC, D- 220/240 Volts AC, G- 12 Volt DC, H- 24 Volt DC
- 60 → Design Code
- omit → Omit= Flying leads

**Spool Chart**

Spool	Center Position	A	B	C	(Rexroth Spool)
0	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	(H)
2	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	(E)
0	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	(J)
7	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	(M)
8	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	(B)


▲ Note: Spool Transition Shown

• 1-800-842-5377 • 586-296-7200 • www.FluidDyneFP.com • Page 1

## Anexo10 Características de la válvula reguladora de presión

**Válvulas reductoras de presión Serie PRV**

Foto: PRV-1



Clindros hidráulicos  
Soportes de trabajo


Clindros lineales

Manifolds

PRV-1

(sector primario) debe usarse también para otro circuito con una presión menor (circuito secundario). La PRV-1 puede apilarse entre válvulas serie VP.

PRV-1 conectada con manifold remoto WM-10.




### Control preciso de la presión hidráulica

- Apilado con válvulas modulares serie VP
- Se pueden apilar para lograr presiones múltiples en un único conjunto apilado de válvulas
- La perilla regulable se puede bloquear mediante el uso de una herramienta
- Control preciso de la presión

Presión: 5000 psi

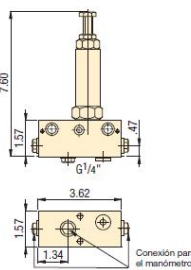
Flujo: 417 pulg<sup>3</sup>/min (6,8 l/min)

E Pressure reducing valves  
F Valve de presión regulable  
D Druckreduzierventil



**Opciones**

**PRV-1, PRV-5**

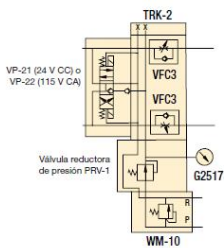


7.60  
1.57  
0.47  
G1/4"

3.62  
1.57  
1.34

Conexión para el manómetro

**Ejemplo de un grupo de válvulas**

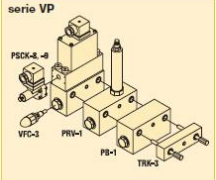


TRK-2  
VP-21 (24 V CC) o VP-22 (115 V CA)  
VFC3  
VFC3  
Válvulas reductoras de presión PRV-1  
WM-10  
G2517L

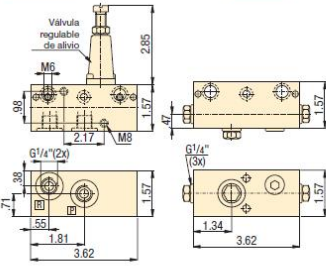
### Características de los productos

Estilo de montaje	Intervalo de presión regulable	Presión máxima	Número de modelo	Orificios de conexión hidráulica	Flujo máximo de aceite
	psi	psi		BSP	pulg <sup>3</sup> /min
Serie VP	435 - 4350	5000	<b>PRV-1</b>	G1/4"	427
Serie VP	75 - 2000	5000	<b>PRV-5</b>	G1/4"	427

**serie VP**



PSDK-4  
VFC-3  
PRV-1  
PB-1  
TRK-2




Válvula reguladora de alivio

M6  
2.85  
1.57  
0.47  
G1/4" (2x)  
2.17  
M8  
7.1  
0.38  
0.55  
1.81  
3.62  
1.34  
1.57

**PB-1**

El manifold con puertos cuenta con tres orificios de conexión de presión para líneas auxiliares o accesorios tales como manómetros. Se instala entre estaciones modulares de válvulas serie VP usando los pernos de montaje serie TRK.



Los pernos de montaje conectan accesorios y válvulas serie VP al múltiple, lo cual asegura un cierre hermético.




### Características de los productos

Cantidad de válvulas direccionales serie VP apilables	Número de modelo	Longitud de perno de montaje A	Rosca de montaje
		pulg	mm
▼ Pernos de montaje			
1	<b>TRK-1</b>	3.45	M6
2	<b>TRK-2</b>	4.92	M6
3	<b>TRK-3</b>	6.50	M6
4	<b>TRK-4</b>	8.07	M6
5	<b>TRK-5</b>	9.65	M6
6	<b>TRK-6</b>	11.22	M6
7	<b>TRK-7</b>	12.80	M6
8	<b>TRK-8</b>	14.37	M6

### Características de los productos

Orificios de conexión hidráulica	Número de modelo	Esquema hidráulico	Presión máxima
BSP			psi
▼ Manifold remoto con alivio de presión			
2x G1/4"	<b>WM-10</b>		5000
▼ Manifold con puertos (conexión de puerto P)			
3x G1/4"	<b>PB-1</b>		5000

## Anexo11 Características del motor eléctrico

Type Test Report					Cert. No.						
Customer:					M-file ref.:						Date of Issue
Customer ref.:					Type:		M2QA100L4A				
					Serial no.:		0AD127-168/04-1				
					Order no.:						
Rating:		Product Code			3GQA 102 501						
3~Motor		V			Hz	kW	r/min	A	cos φ	IA/IN	TE[s]
Insul. cl.F		220-240	D	50	2,2	1430	8,6	0,805			
S1		380-420	Y	50	2,2	1430	4,98	0,805			
IP55		440-480	Y	60	2,53	1720	4,97	0,82			
32 kg											
Resistance					Insulation resistance			Overload test			
Line Pole					R > 200 Mohm						
Ambient 15 °C					High-voltage test						
4 5,262 Ω					1960 V 60 s						
Test	Torque [Nm]	Line			Input		Output P2	n[r/min]	cos φ	η [%]	
		U[V]		f[Hz]	I[A]	P1 [kW]	[kW]				
No Load		400	Y	50	2,4	0,1862		1500			
Rated load (cold)		400	Y	50	4,9	2,676	2,2	1430			
Rated load (stab.)	14,75	400	Y	50	4,77	2,692	2,2	1425	0,8146	81,72	
146% rated load	21,46	400	Y	50	7,48	4,226	3,212	1374	0,815	76	
Shortcircuit	38,35	400	Y	50	30,5			0			
		100	Y	50	5,9	0,612		0			
Temperature rise at amb.temp. 17 °C			Temperature			Measurement method					
Stator winding			Pole °C			Method					
Pole (K) Method			Ambient			1 Resistance					
4 52,2 1			4 17 2			2 Thermometer					
			Frame			3 Thermocouples					
			4 41 2								
Manufactured and tested in accordance with rules of IEC 60034-1.											
On behalf of customer											
On behalf of manufacturer						Date of test 15/11/2004					
Tested by ABB Shanghai Motors Co., Ltd.											
Computer print-out valid without signature											
<b>ABB Motors</b>											
ABB Shanghai Motors Co., Ltd						Phone: +86 21 54723133					
88 Tianning Road						200245 Shanghai China					
Minhang Economic and Technological						Fax: +86 21 54725009					



## Anexo12 Características de contactores

GE Industrial Solutions

IEC



### CONTACTORES IEC

#### CONTACTORES AUXILIARES

Código	Referencia(*)	Bobina	Contactos	
			NA	NC
113008	RL4RD040TJ	DC	4	-
113018	RL4RD031TJ	DC	3	1
113028	RL4RD022TJ	DC	2	2
109019	RL4RA040T4	AC	4	-
109043	RL4RA031T4	AC	3	1
109067	RL4RA022T4	AC	2	2
104907	RL4RA022GJ	AC	1+1	1+1

#### CONTACTORES TRIPOLARES (Norma IEC-947)

Código	Referencia(*)	Contactos Auxiliares	Contactos orriente le		Potencia Pe	
			AC3 (A)	AC1 (A)	220V (Hp)	440V (Hp)
109176	CL00A310T4	1NA	9	25	3	5,5
109199	CL00A301T3	1NC	9	25	3	5,5
109247	CL01A310T4	1NA	12	25	4	7,5
109270	CL01A301T3	1NC	12	25	4	7,5
109320	CL02A310T4	1NA	18	32	5,5	10
109344	CL02A301T4	1NC	18	32	5,5	10
112698	CL25A310T4	--	25	45	10	15
109392	CL03A310M4	1NA	25	45	10	16
109465	CL04A310M5	1NA	32	60	12	22
110755	CL45A300M4	--	40	60	15	30
112824	CL45A311M4	1NA+1NC	40	60	15	30
109559	CL06A300M4	--	50	90	20	34
109583	CL06A311M4	1NA+1NC	50	90	20	34
109631	CL07A311M4	1NA+1NC	65	110	25	50
109655	CL08A300M4	--	80	110	30	60
109679	CL08A311M4	1NA+1NC	80	110	30	60
109727	CL09A311M4	1NA+1NC	95	140	34	68
109751	CL10A300M4	--	105	140	40	75
109775	CL10A311M4	1NA+1NC	105	150	40	75
113112	CK75CA311I	1NA+1NC	150	250	60	108
113133	CK08CA311J	1NA+1NC	185	250	75	135
104473	CK85BA311J	1NA+1NC	205	315	85	170
104488	CK09BE311J	1NA+1NC	250	315	100	180
104618	CK95BE311J	1NA+1NC	310	450	125	250
133784	CK10CE311J	1NA+1NC	420	600	170	312
133790	CK11CE311J	1NA+1NC	550	700	220	425
104518	CK12BE311J	1NA+1NC	700	1000	300	540



**Contactores Modelo CL**  
Tensión de operación hasta 690V  
Sistema de fijación rápido sobre riel  
Bornes protegidos (IP20)  
Bobinas con 3 terminales

**Contactores Modelo CK**  
Tensión de operación hasta 1000V  
Terminales de barra de alta capacidad  
Contactos Auxiliares aditivos

#### Contactores tipo "BE" y "CE"

Dentro de la familia de contactores CK se encuentran estos que utilizan un módulo electrónico que les permite operar con tensión AC y DC sin ningún cambio ni accesorio.

(\*) Selección de la Bobina:

Debe sustituirse el caracter final de la referencia según la siguiente tabla:

#### • Modelo CL y CK tipo BA/CA

NOTA: el precio es el mismo para bobinas de diferente tensión.

1	24 Vac
3	115 Vac
4	120 Vac
5	220 Vac
8	440 Vac
15	480 Vac

#### •• Modelo CK tipo BE/CE

NOTA: el precio es el mismo para bobinas de diferente tensión.

D	24-28 Vac/Vdc
J	110-127 Vac/Vdc
N	220-250 Vac/Vdc
Y	440-500 Vac/Vdc

19/05/2010

[www.olinsys.com](http://www.olinsys.com) - [ventas@olinsys.com](mailto:ventas@olinsys.com)

## Anexo13 Características del relé térmico

### Relés Térmicos, Clase 10

22A



GTK-22

#### Descripción

- Montaje directo con contactores GM-9, 12, 18, 22 (tamaño 9, 12, 18, 22A).
- Montaje por tornillos o rail DIN con adaptador opcional AZ-22H.
- Tamaño reducido: anchura 44mm.
- Contactos de disparo 1NO+1NC.
- Clase de disparo 10A
- Protección de corriente diferencial/fallo de fase: tipo GTK.
- Tipo GTH estándar.
- Ambiente compensado de: -5 a 40°C.
- Reset manual o automático.
- Tipo bimetalico.

Adaptador a rail DIN del relé térmico AZ-22H

GM-9  
GM-12  
GM-18  
GM-22



Montaje Separado

Montaje Directo



GTK-22

#### Referencia para 22A

Rangos de Intensidades de Regulación (A)	Tipo Diferencial	Tipo Estándar	
	3 Colectores	3 Colectores	2 Colectores
0.1 - 0.16	GTK-22• 0.16	GTH-22/3 • 0.16	GTH-22 • 0.16
0.16 - 0.25	GTK-22• 0.25	GTH-22/3 • 0.25	GTH-22 • 0.25
0.25 - 0.4	GTK-22• 0.4	GTH-22/3 • 0.4	GTH-22 • 0.4
0.4 - 0.63	GTK-22• 0.63	GTH-22/3 • 0.63	GTH-22 • 0.63
0.63 - 1	GTK-22• 1	GTH-22/3 • 1	GTH-22M • 1
1 - 1.6	GTK-22• 1.6	GTH-22/3 • 1.6	GTH-22 • 1.6
2.5 - 4	GTK-22• 4	GTH-22/3 • 4	GTH-22 • 4
4 - 6	GTK-22• 6	GTH-22/3 • 6	GTH-22 • 6
5 - 8	GTK-22• 8	GTH-22/3 • 8	GTH-22 • 8
6 - 9	GTK-22• 9	GTH-22/3 • 9	GTH-22 • 9
7 - 10	GTK-22• 10	GTH-22/3 • 10	GTH-22 • 10
9 - 13	GTK-22• 13	GTH-22/3 • 13	GTH-22 • 13
12 - 18	GTK-22• 18	GTH-22/3 • 18	GTH-22 • 18
16 - 22	GTK-22• 22	GTH-22/3 • 22	GTH-22 • 22

#### Conexión

<b>Principal (Carga)</b>	Terminal de tornillo (M4)
	Sección de cable: 1.25~5.5mm <sup>2</sup> / Ø1.6~2.6
<b>Auxiliar</b>	Terminal de tornillo (M3.5)

#### Pedido de productos

Especificar referencia completa  
Ejemplo: GTK-22.9 (6A-9A)

#### Para mas información:

- Especificaciones técnicas → página 122~133
- Diagramas y dimensiones → página 147
- Contactores → página 40
- Arrancadores → página 81
- Adaptador a rail DIN del relé térmico → página 147
- Relé electrónico de protección → página 76

**Certificado**  
CE ULLCUL Uvvi




**Anexo 15A** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “recepción de la materia prima”-  
método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica	Operario: Juan Guamanquispe	Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Recepción de materia prima	Empresa: Ingeniería del acero y matricería	Fecha: 18/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE
1	Recepción materia prima Se receipta las planchas de acero previamente cortadas por el proveedor en el área de parqueo	33	32	31	33	32	32	31	30	30	33	317	31,7	95%	30,1	30,1
2	Inspección flejes de acero antes del almacenamiento Se revisa que las planchas de acero cumplan con las dimensiones especificadas para la embutición.	40	41	41	42	42	43	43	44	44	41	421	42,1	110%	46,3	46,3
3	Transporte a bodega de M.P Se transporta las planchas de acero verificadas al área de bodega de materia prima	41	43	42	42	43	44	44	42	41	40	422	42,2	105%	44,3	44,3
4	Almacenamiento planchas de acero Se almacena las planchas de acero en la bodega de materias primas	24	24	23	24	25	23	21	23	22	23	232	23,2	95%	22,0	22,0

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 15B** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Embutido chapa de compuerta 1”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica	Operario: Juan Guamanquispe	Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Embutido chapa de compuerta 1	Empresa: Ingeniería del acero y matricería	Fecha: 18/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE
5	Transporte matriz 1.1 de embutido a la prensa hidráulica Se transportan la matriz 1.1 de embutición a la prensa hidráulica (máquina implementada)	41	41	39	40	42	41	40	38	38	43	403	40,3	100%	40,3	40,3
6	Colocación de matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1 Se coloca la matriz 1.1 de embutido en la prensa hidráulica (máquina implementada)	80	81	81	82	79	81	79	79	79	78	799	79,9	85%	67,9	67,9
7	Demora por calibración de matrices Demora por calibración y ajuste de las matriz 1.1 de embutición en la prensa hidráulica (máquina implementada)	110	112	110	113	109	110	113	112	114	113	1116	111,6	90%	100,4	100,4
8	Transporte M.P. prensa hidráulica (máquina implementada) Se transporta un lote de planchas de acero hacia el área de máquinas, específicamente a la prensa hidráulica (máquina implementada)	95	96	95	95	94	96	96	95	94	95	951	95,1	110%	104,6	104,6
9	Colocación M.P. matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1 Se coloca las planchas de acero en la matriz 1.1 para la embutición de chapa de compuerta 1	19	19	18	21	21	22	19	19	19	21	198	19,8	90%	17,8	17,8
10	Embutido de planchas de acero Se embuten las planchas de acero con la forma de la matriz 1.1	61	62	61	62	61	62	63	63	62	61	618	61,8	100%	61,8	61,8



**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 15C** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Embutido chapa de compuerta 2”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																
<b>Carrera:</b> Facultad de Ingeniería Mecánica	<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe	<b>Observador:</b> David Santana														
<b>Identificación de la operación:</b> Embutido chapa de compuerta 2	<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería	<b>Fecha:</b> 18/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Uprom	ID	TN	TE
11	Transporte matriz 1.2 de embutido a la prensa hidráulica	40	41	40	39	41	41	42	41	39	43	407	40,7	100%	40,7	40,7
12	Colocación de matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 2	79	78	79	81	80	81	78	81	79	80	796	79,6	85%	67,7	67,7
13	Demora por calibración de matrices	112	110	110	109	109	108	111	112	112	113	1106	110,6	90%	99,5	99,5
14	Transporte M.P. prensa hidráulica (máquina implementada)	94	95	93	94	95	95	95	96	94	95	946	94,6	110%	104,1	104,1
15	Colocación M.P. matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 2	22	21	22	23	22	21	22	23	22	21	219	21,9	90%	19,7	19,7
16	Embutido de planchas de acero	61	63	64	62	61	62	63	63	61	60	620	62	100%	62,0	62,0

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 15D** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Corte excesos”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																
<b>Carrera:</b> Facultad de Ingeniería Mecánica	<b>Operario:</b> Juan Guamanquispe	<b>Observador:</b> David Santana														
<b>Identificación de la operación:</b> Corte de excesos	<b>Empresa:</b> Ingeniería del acero y matricería	<b>Fecha:</b> 18/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen				
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Uprom	ID	TN	TE
11	Transporte matriz de corte a la prensa hidráulica	40	41	44	42	43	44	41	40	41	33	409	40,9	100%	40,9	40,9
12	Colocación de matriz de corte	70	71	72	71	70	72	69	71	73	120	759	75,9	100%	75,9	75,9
13	Demora por calibración de matrices	120	119	118	119	117	118	120	121	119	181	1252	125,2	110%	137,7	137,7
14	Transporte planchas embutidas soldadora	67	68	65	66	65	67	66	68	65	66	663	66,3	95%	63,0	63,0
15	Transporte planchas embutidas esmeril	64	64	65	67	63	64	65	67	66	65	650	65	95%	61,8	61,8
16	Transporte planchas embutidas mesas de ensamble	32	31	33	31	32	32	33	32	34	31	321	32,1	110%	35,3	35,3
17	Colocación planchas embutidas matrices de corte	24	23	21	23	22	21	23	24	22	21	224	22,4	100%	22,4	22,4
18	Corte y perforado de chapas	61	62	62	61	60	60	59	59	60	58	602	60,2	95%	57,2	57,2
19	Inspección de chapas	63	62	61	62	62	62	61	61	62	61	617	61,7	85%	52,4	52,4



**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 15E** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Soldado de partes y acoples”-  
método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																		
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Soldado de partes y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 18/04/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)								Resumen								
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
21	Transporte planchas cortadas soldadora	Se transporta las planchas de acero embutidas cortadas y perforadas al área de soldadura		85	85	84	83	84	85	83	85	84	83	841	84,1	110%	92,5	92,5
22	Transporte planchas cortadas esmeril	Transporte de planchas embutidas y cortadas al esmeril		80	83	82	83	84	82	83	84	82	81	824	82,4	100%	82,4	82,4
23	Transporte planchas cortadas mesas de ensamble	Transporte de planchas embutidas y cortadas a mesas de ensamble		30	31	33	32	31	30	32	33	32	33	317	31,7	95%	30,1	30,1
24	Transporte acoples	Transporte de acoples y partes de la bodega de M.P. al área de soldado		40	41	40	41	42	44	42	43	44	41	418	41,8	95%	39,7	39,7
25	Soldado piezas planchas de acero	Soldado del eje acoplador así como uniones y partes para el ensamble de las chapas de compuerta		24	23	24	21	22	21	25	25	25	26	236	23,6	100%	23,6	23,6



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 15F** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Pulido de planchas y acoples”-  
método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																		
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Pulido de planchas y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 15/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)								Resumen								
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
26	Transporte esmeril	Se transporta las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas y soldadas al esmeril		21	22	23	21	20	22	23	23	21	23	219	21,9	100%	21,9	21,9
27	Esmerilado planchas embutidas	En esta operación se esmerila los bordes de las planchas cortadas y los cordones de soldadura		32	34	33	36	32	35	34	33	32	34	335	33,5	110%	36,9	36,9



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 15G** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Ensamble de planchas y acoples”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																		
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana														
Identificación de la operación: Ensamble de planchas y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 18/03/2016														
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)								Resumen								
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE		
28	Transporte mesas de ensamble	Se transportan las planchas de acero al área de ensamble		85	86	87	85	85	87	87	88	85	87	862	86,2	100%	86,2	86,2
29	Transporte acoples y uniones	Se transportan los acoples de la bodega de M.P. a las mesas de ensamble		112	111	112	114	113	112	111	113	114	113	1125	112,5	90%	101,3	101,3
30	Ensamble planchas de acero	Se ensamblan las planchas de acero para conformar las chapas de compuerta		88	89	88	87	88	89	87	89	91	87	883	88,3	100%	88,3	88,3



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 15H** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Protección anticorrosiva”-  
método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																										
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana																						
Identificación de la operación: Protección anticorrosiva		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 18/03/2016																						
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen														
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE										
31	Transporte cámara de pintura	Se trasladan las chapas de compuerta al área de pintura, específicamente a la cámara de pintura.										185	183	184	182	184	183	184	182	183	182	1832	183,2	110%	201,5	201,5
32	Protección anticorrosiva chapas de compuerta	Se desensambla las planchas de acero embutidas antes de poder dar una capa de protección anticorrosiva.										41	41	40	39	40	41	42	40	41	42	407	40,7	110%	44,8	44,8



**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 15I** Tabla de tiempos cronometrados de la operación “Almacenaje y embarque de chapas de compuerta”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																										
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana																						
Identificación de la operación: Almacenaje y embarque de chapas de compuerta		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 18/03/2016																						
Descripción de elementos		Ciclos (seg/hombre)										Resumen														
Actividad Principal	Descripción de actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ΣT	Tprom	ID	TN	TE										
36	Transporte a bodega	Se traslada las chapas de compuerta embutidas al área de bodega de productos terminados										55	54	56	55	54	53	56	56	55	54	548	54,8	100%	54,8	54,8
37	Almacenaje chapas embutidas (producto final)	Se almacenan las chapas de compuerta embutidas en el área de productos terminados para su posterior embarque.										14	12	13	12	11	13	11	12	13	13	124	12,4	100%	12,4	12,4
38	Transporte Parqueadero	Transporte de chapas de compuerta de la bodega de P.T. al parqueadero										140	140	139	139	140	141	143	142	142	143	1409	140,9	100%	140,9	140,9



**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 16A** Costos de la operación “Recepción de materia prima”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 																			
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana															
Identificación de la operación: Recepción de materia prima		Empresa: Ingeniería del acero y matricería		Fecha: 29/03/2016															
Descripción de elementos		Resumen																	
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)										
1	Recepción materia prima	Se receipta las planchas de acero previamente cortadas por el proveedor en el área de parqueo										317	31,7	95%	30,1	30,1	10	0,084	0,260
2	Inspección flejes de acero antes del almacenamiento	Se revisa que las planchas de acero cumplan con las dimensiones especificadas para la embutición.										421	42,1	110%	46,3	46,3	10	0,129	0,400
3	Transporte a bodega de M.P	Se transporta las planchas de acero verificadas al área de bodega de materia prima										422	42,2	105%	44,3	44,3	10	0,123	0,383
4	Almacenamiento planchas de acero	Se almacena las planchas de acero en la bodega de materias primas										232	23,2	95%	22,0	22,0	10	0,061	0,190
									<b>Costo de la operación</b>	<b>1,234</b>									



**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 16B** Costos de la operación “Embutido chapa de compuerta 1”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Embutido chapa de compuerta 1		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
5	Transporte matriz 1.1 de embutido a la prensa hidráulica	403	40,3	100%	40,3	40,3	1	0,011	0,035
6	Colocación de matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	799	79,9	85%	67,9	67,9	1	0,019	0,059
7	Demora por calibración de matrices	1116	111,6	90%	100,4	100,4	1	0,028	0,087
8	Transporte M.P. prensa hidráulica (máquina implementada)	951	95,1	110%	104,6	104,6	1	0,029	0,090
9	Colocación M.P. matriz 1.1 para embutición de chapa de compuerta 1	198	19,8	90%	17,8	17,8	4	0,020	0,062
10	Embutido de planchas de acero	618	61,8	100%	61,8	61,8	4	0,069	0,214
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,546</b>

Fuente: Elaborado por el autor



**Anexo 16C** Costos de la operación “Embutido chapa de compuerta 2”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Embutido chapa de compuerta 2		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
5	Transporte matriz 1.2 de embutido a la prensa hidráulica	407	40,7	100%	40,7	40,7	1	0,011	0,035
6	Colocación de matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 2	796	79,6	85%	67,7	67,7	1	0,019	0,058
7	Demora por calibración de matrices	1106	110,6	90%	99,5	99,5	1	0,028	0,086
8	Transporte M.P. prensa hidráulica (máquina implementada)	946	94,6	110%	104,1	104,1	1	0,029	0,090
9	Colocación M.P. matriz 1.2 para embutición de chapa de compuerta 2	219	21,9	90%	19,7	19,7	4	0,022	0,068
10	Embutido de planchas de acero	620	62	100%	62,0	62,0	4	0,069	0,214
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,552</b>

Fuente: Elaborado por el autor





### Anexo 16D Costos de la operación “Corte de excesos”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe	Observador: David Santana						
Identificación de la operación: Corte de excesos		Empresa: Ingeniería del acero y matricería	Fecha: 29/03/2016						
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
11	Transporte matriz de corte a la prensa hidráulica	409	40,9	100%	40,9	40,9	1	0,011	0,035
12	Colocación de matriz de corte	759	75,9	100%	75,9	75,9	1	0,021	0,066
13	Demora por calibración de matrices	1252	125,2	110%	137,7	137,7	1	0,038	0,119
15	Transporte planchas embutidas soldadora	663	66,3	95%	63,0	63,0	1	0,017	0,054
16	Transporte planchas embutidas esmeril	650	65	95%	61,8	61,8	1	0,017	0,053
17	Transporte planchas embutidas mesas de ensamble	321	32,1	110%	35,3	35,3	1	0,010	0,031
18	Colocación planchas embutidas matrices de corte	224	22,4	100%	22,4	22,4	4	0,025	0,077
19	Corte y perforado de chapas	602	60,2	95%	57,2	57,2	4	0,064	0,198
20	Inspección de chapas	617	61,7	85%	52,4	52,4	4	0,058	0,181
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,815</b>



Fuente: Elaborado por el autor

### Anexo 16E Costos de la operación “Soldado de partes y acoples”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe	Observador: David Santana						
Identificación de la operación: Soldado de partes y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería	Fecha: 29/03/2016						
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
21	Transporte planchas cortadas soldadora	841	84,1	110%	92,5	92,5	1	0,026	0,080
22	Transporte planchas cortadas esmeril	824	82,4	100%	82,4	82,4	1	0,023	0,071
23	Transporte planchas cortadas mesas de ensamble	317	31,7	95%	30,1	30,1	1	0,008	0,026
24	Transporte acoples	418	41,8	95%	39,7	39,7	1	0,011	0,034
25	Soldado piezas planchas de acero	236	23,6	100%	23,6	23,6	2	0,013	0,041
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,252</b>



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 16F** Costos de la operación “Pulido de planchas y acoples”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Pulido de planchas y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
26	Transporte esmeril Se transporta las planchas de acero embutidas, cortadas, perforadas y soldadas al esmeril	219	21,9	100%	21,9	21,9	1	0,006	0,019
27	Esmerilado planchas embutidas En esta operación se esmerila los bordes de las planchas cortadas y los cordones de soldadura	335	33,5	90%	30,2	30,2	4	0,034	0,104
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,123</b>



Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 16G** Costos de la operación “Ensamble de chapas de compuerta”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Ensamble de planchas y acoples		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
28	Transporte mesas de ensamble Se transportan las planchas de acero al área de ensamble	862	86,2	100%	86,2	86,2	1	0,024	0,074
29	Transporte acoples y uniones Se transportan los acoples de la bodega de M.P. a las mesas de ensamble	1125	112,5	90%	101,3	101,3	1	0,028	0,087
30	Ensamble planchas de acero Se ensamblan las planchas de acero para conformar las chapas de compuerta	883	88,3	100%	88,3	88,3	4	0,098	0,305
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,467</b>

Fuente: Elaborado por el autor

**Anexo 16H** Costos de la operación “Protección anticorrosiva”- método implementado

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA 									
Carrera: Facultad de Ingeniería Mecánica		Operario: Juan Guamanquispe		Observador: David Santana					
Identificación de la operación: Protección anticorrosiva		Empresa: Ingeniería del acero y matricería			Fecha: 29/03/2016				
Descripción de elementos		Resumen							
Actividad Principal	Descripción de actividades	ΣT	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
31	Transporte cámara de pintura Se trasladan las chapas de compuerta al área de pintura, específicamente a la cámara de pintura	1832	183,2	110%	201,5	201,5	1	0,056	0,174
32	Protección anticorrosiva chapas de compuerta Se desensambla las planchas de acero embutidas antes de poder darles una capa de protección anticorrosiva	407	40,7	110%	44,8	44,8	4	0,050	0,155
<b>Costo de la operación</b>									<b>0,329</b>

Fuente: Elaborado por el autor

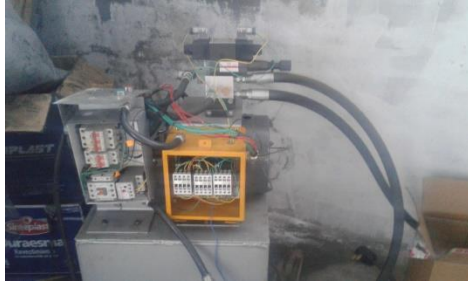
**Anexo 16I** Costos de la operación “Almacenaje de chapas de compuerta”- método implementado

Actividad Principal		Descripción de actividades		$\Sigma T$	Tprom	ID	TN (s)	TE (s)	Cantidad	TE (h)	Costo (\$/h)
36	Transporte a bodega	Se traslada las chapas de compuerta embutidas al área de bodega de productos terminados		548	54,8	100%	54,8	54,8	1	0,015	0,047
37	Almacenaje chapas embutidas (producto final)	Se almacenan las chapas de compuerta embutidas en el área de productos terminados para su posterior embarque		124	12,4	100%	12,4	12,4	1	0,003	0,011
38	Transporte Parqueadero	Transporte de chapas de compuerta de la bodega de P.T. al parqueadero		1409	140,9	100%	140,9	140,9	1	0,039	0,122
<b>Costo de la operación</b>											<b>0,180</b>

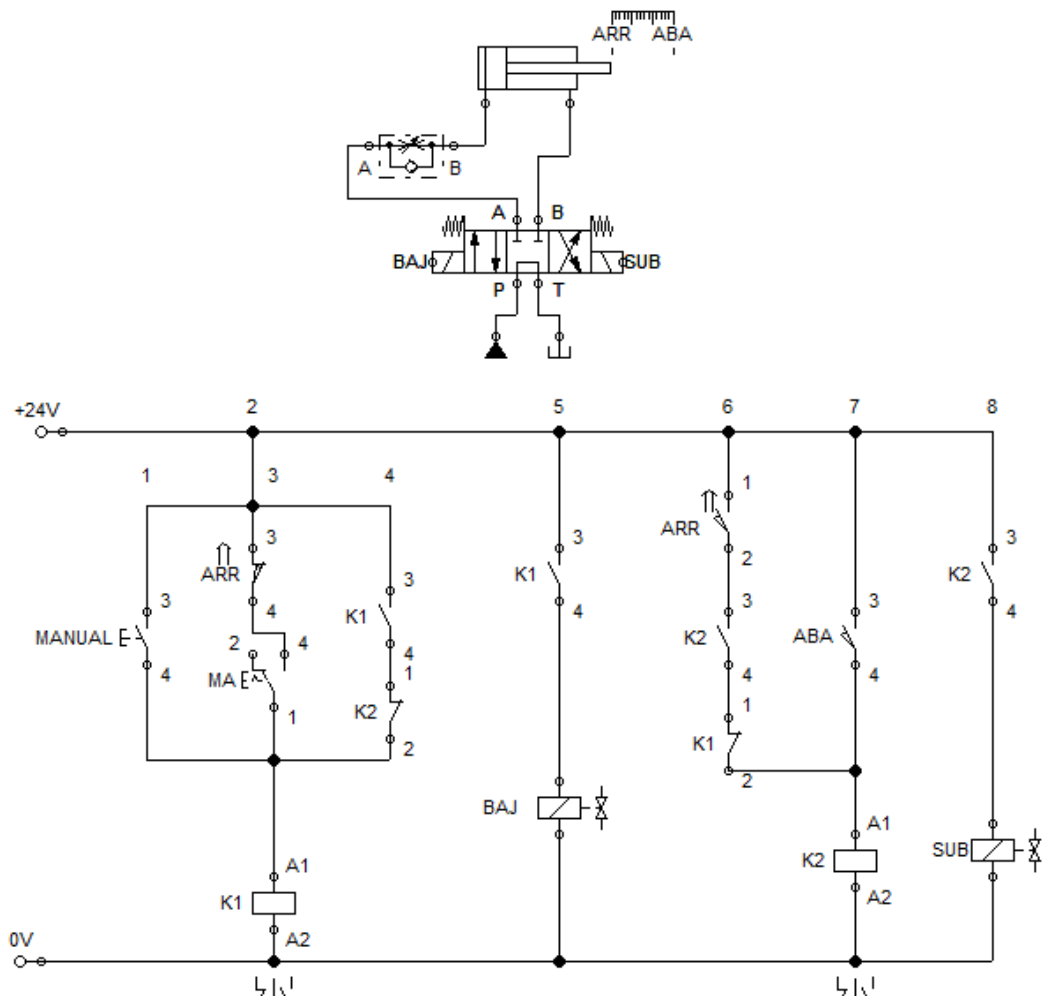
**Fuente:** Elaborado por el autor

**Anexo 17** Imágenes de la máquina y sus elementos





Anexo 18 Diagrama del sistema hidráulico de la máquina



# **ANEXOS PLANOS**

**Plano 1:** Plano actual de la planta industrial de la empresa “Ingeniería del Acero y Matricería”

**Plano 2:** Diagrama de recorrido actual de la empresa “Ingeniería del Acero y Matricería”

**Planos 3A – 3B:** Planos de las chapas de compuerta embutidas

**Plano 4:** Acceso vehicular y peatonal de la empresa Ingeniería del acero o Matricería

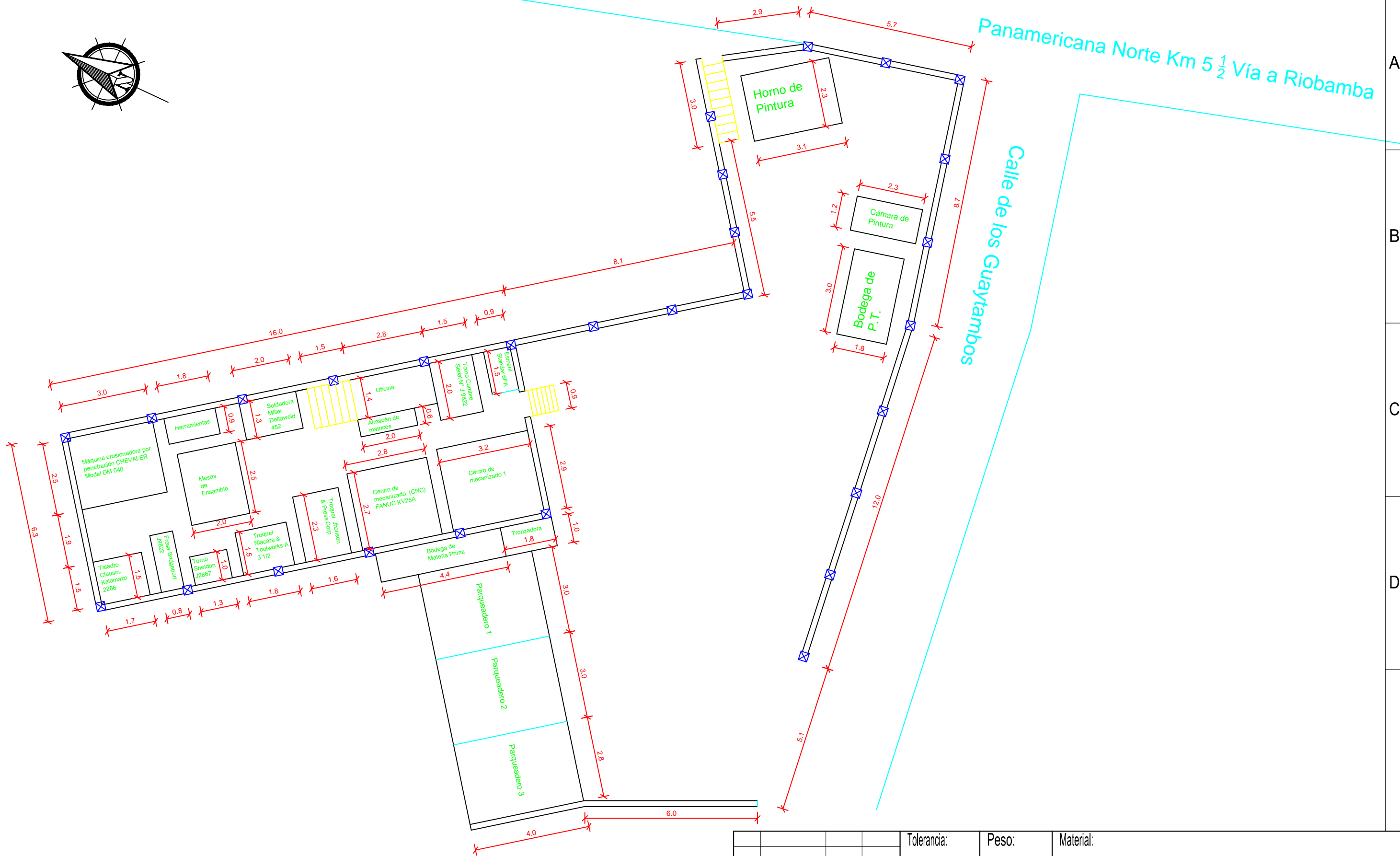
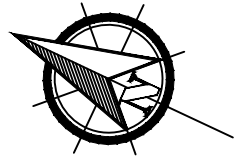
**Plano 5:** Coordenadas de la empresa Ingeniería del acero y Matricería

**Plano 6:** Diagrama de recorrido del sistema de producción implementado “Ingeniería del Acero y Matricería”- método implementado

**Plano 7:** Acceso vehicular y peatonal con el sistema de producción implementado de la empresa Ingeniería del acero o Matricería

**Plano 8:** Coordenadas de la empresa Ingeniería del acero y Matricería con el sistema de producción implementado

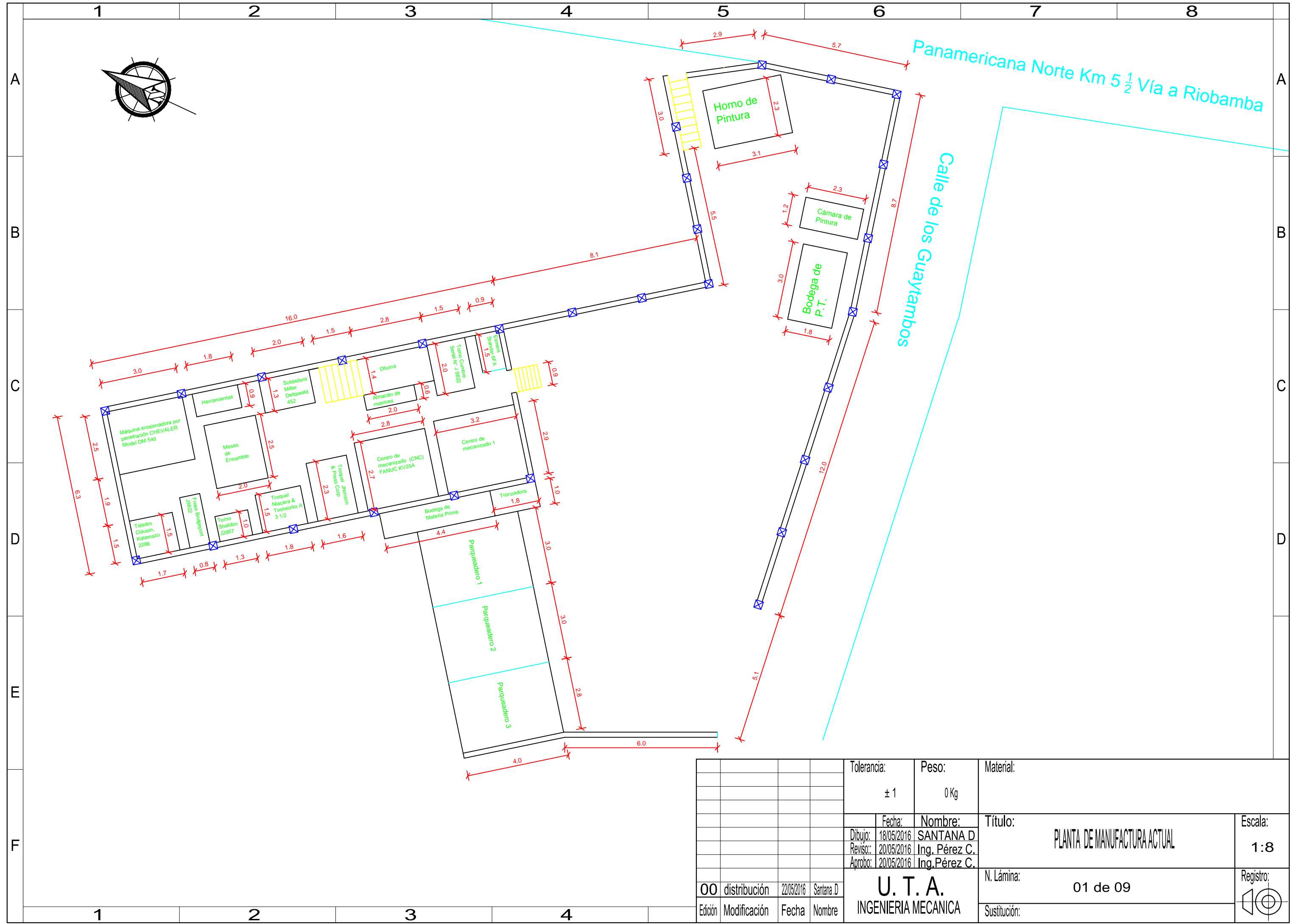
**Plano 9:** Disposición final de la empresa para el sistema de producción de chapas de compuerta



Panamericana Norte Km 5 1/2 Vía a Riobamba

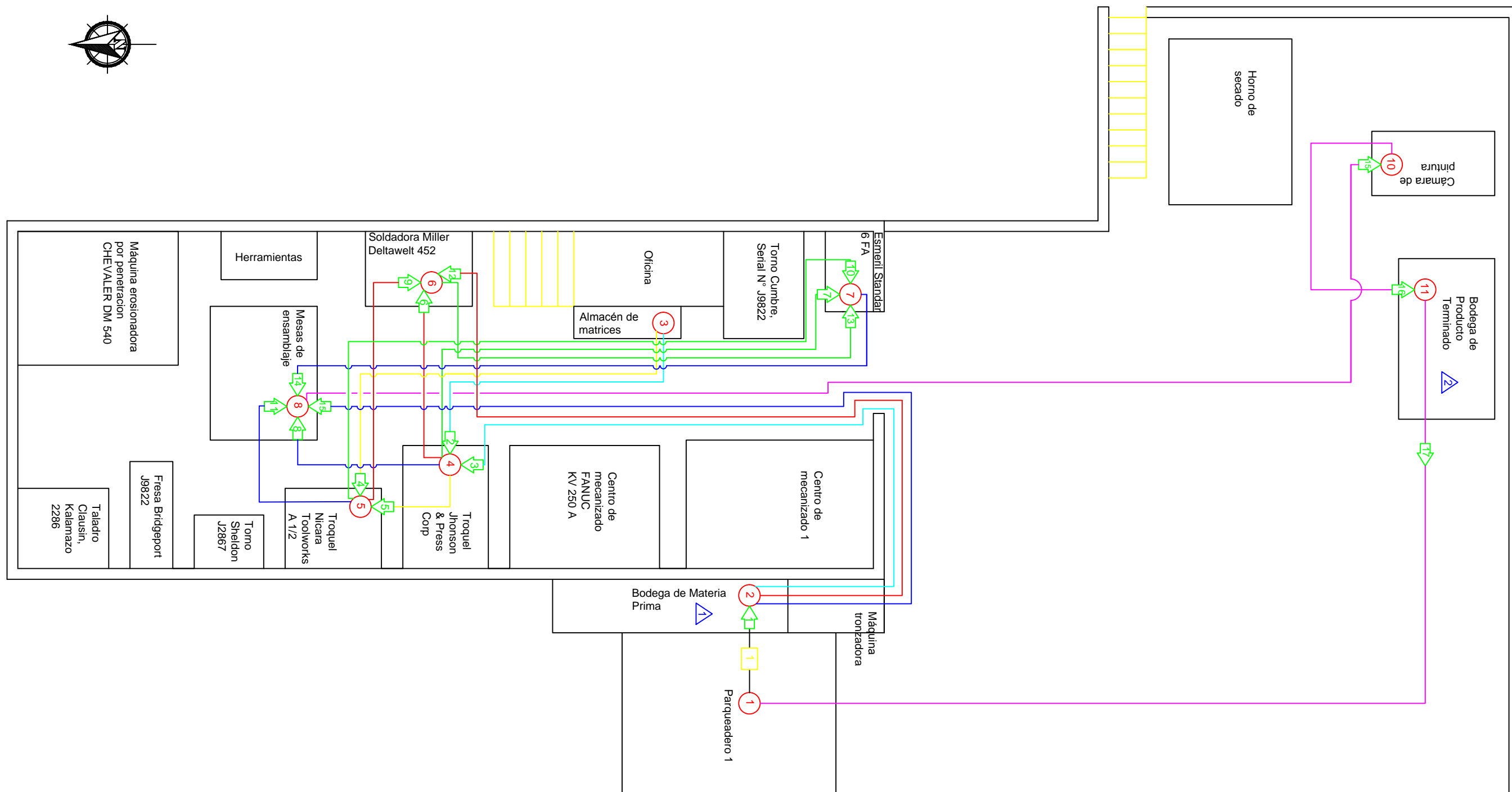
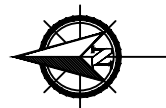
Calle de los Guaytambos

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	0 Kg		
				Fecha:	Nombre:	Título:	
				18/05/2016	SANTANA D	PLANTA DE MANUFACTURA ACTUAL	
				Reviso:	Ing. Pérez C.	Escala:	
				20/05/2016	Ing. Pérez C.	1:8	
				Aprobo:	Ing. Pérez C.	N. Lámina:	
				20/05/2016	Ing. Pérez C.	01 de 09	
				<b>U. T. A.</b> <b>INGENIERIA MECANICA</b>		Registro:	
00 distribución		22/05/2016	Santana D				
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

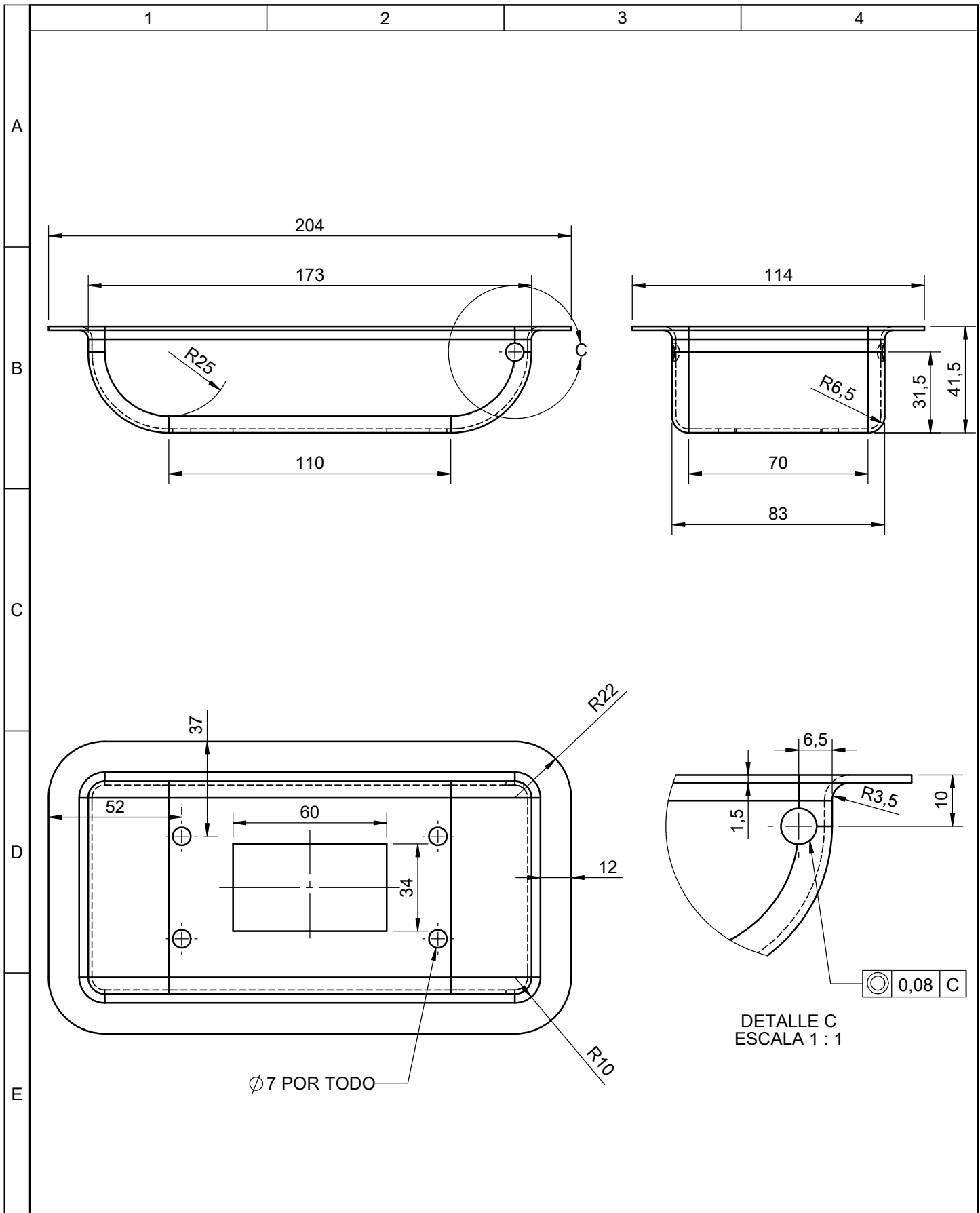




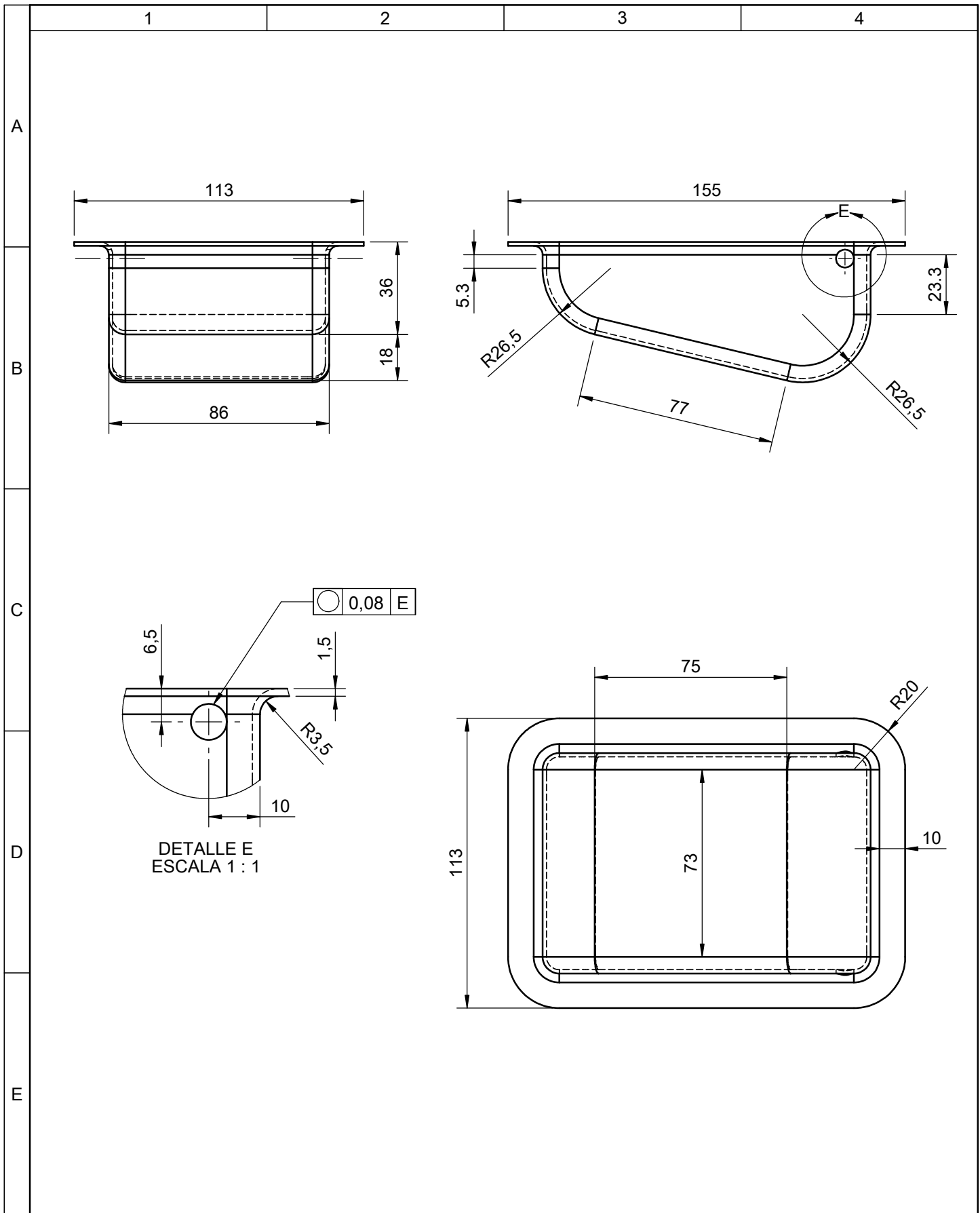
# DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL DE LA EMPRESA "INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA"



			Tolerancia:	Peso:	Material:	
			± 1	0 Kg		
			Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
			Dibujo: 18/05/2016	SANTANA D	DIAGRAMA DE RECORRIDO ACTUAL	1:8
			Reviso: 20/05/2016	Ing. Pérez C.		
			Aprobo: 20/05/2016	Ing. Pérez C.		
00	distribución	22/05/2016	Santana.D	U. T. A. INGENIERIA MECANICA		Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	N. Lámina:	02 de 09	
				Sustitución:		

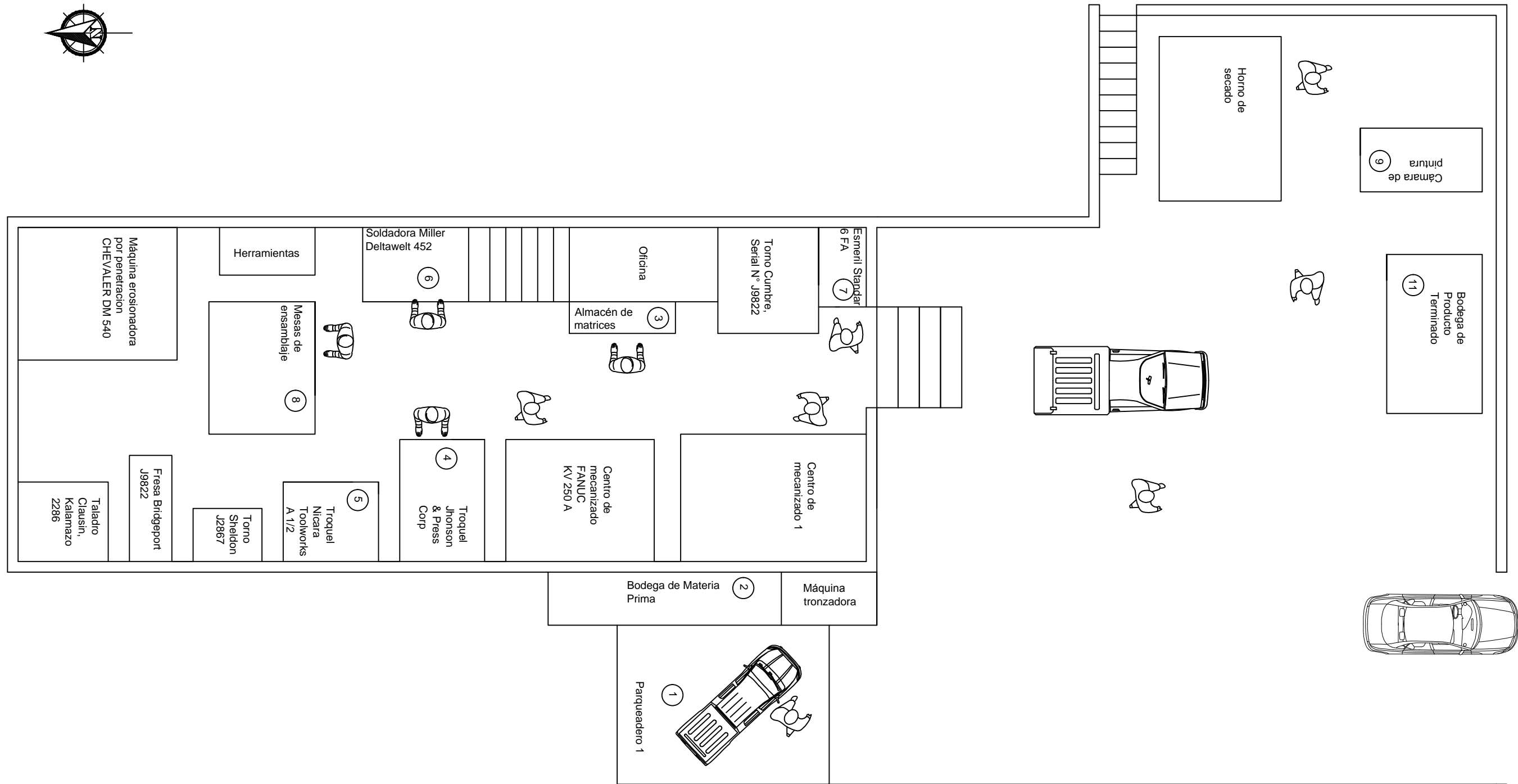
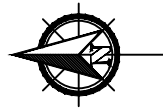


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,1$	424.82 gr	<b>PLANCHA DE ACERO AISI 1018</b>	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 13/01/2017	Santana D.	<b>CHAPA DE COMPUERTA 1</b>	1:2
				Revisó: 12/07/2016	Ing. Pérez Cristian		
				Aprobó: 13/01/2017	Ing. Pérez Cristian		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 03 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	378.53 gr	PLANCHA DE ACERO AISI 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 13/01/2017	Santana D	<b>CHAPA DE COMPUERTA 2</b>	1:2
				Revisó: 19/07/2016	Ing. Pérez Cristian		
				Aprobó: 13/01/2017	Ing. Pérez Cristian		
				UTA		Número del dibujo:	
				Ing. Mecánica		03 de 09	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

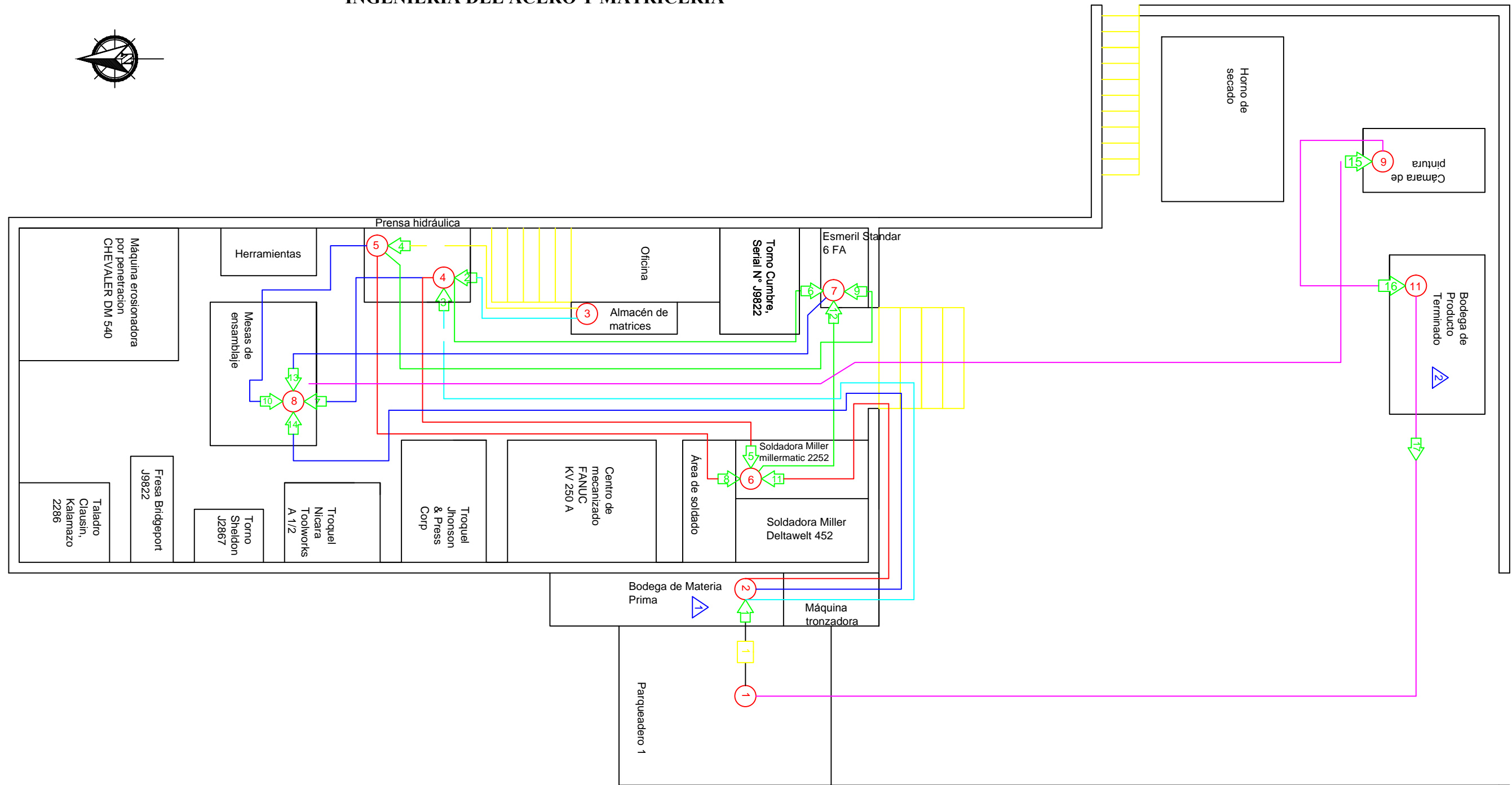
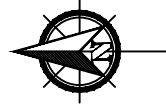
ACCESO VEHICULAR Y PEATONAL ACTUAL DE LA EMPRESA "INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA"



			Tolerancia:	Peso:	Material:	
			± 1	0 Kg		
			Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
			Dibujo: 18/05/2016	SANTANA D.	ACCESO VEHICULAR ACTUAL	1:8
			Reviso: 20/05/2016	Ing. Pérez C.		
			Aprobo: 20/05/2016	Ing. Pérez C.		
			U. T. A. INGENIERIA MECANICA		N. Lámina:	Registro:
					04 de 09	
00	distribución	22/05/2016	Santana.D			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre		Sustitución:	

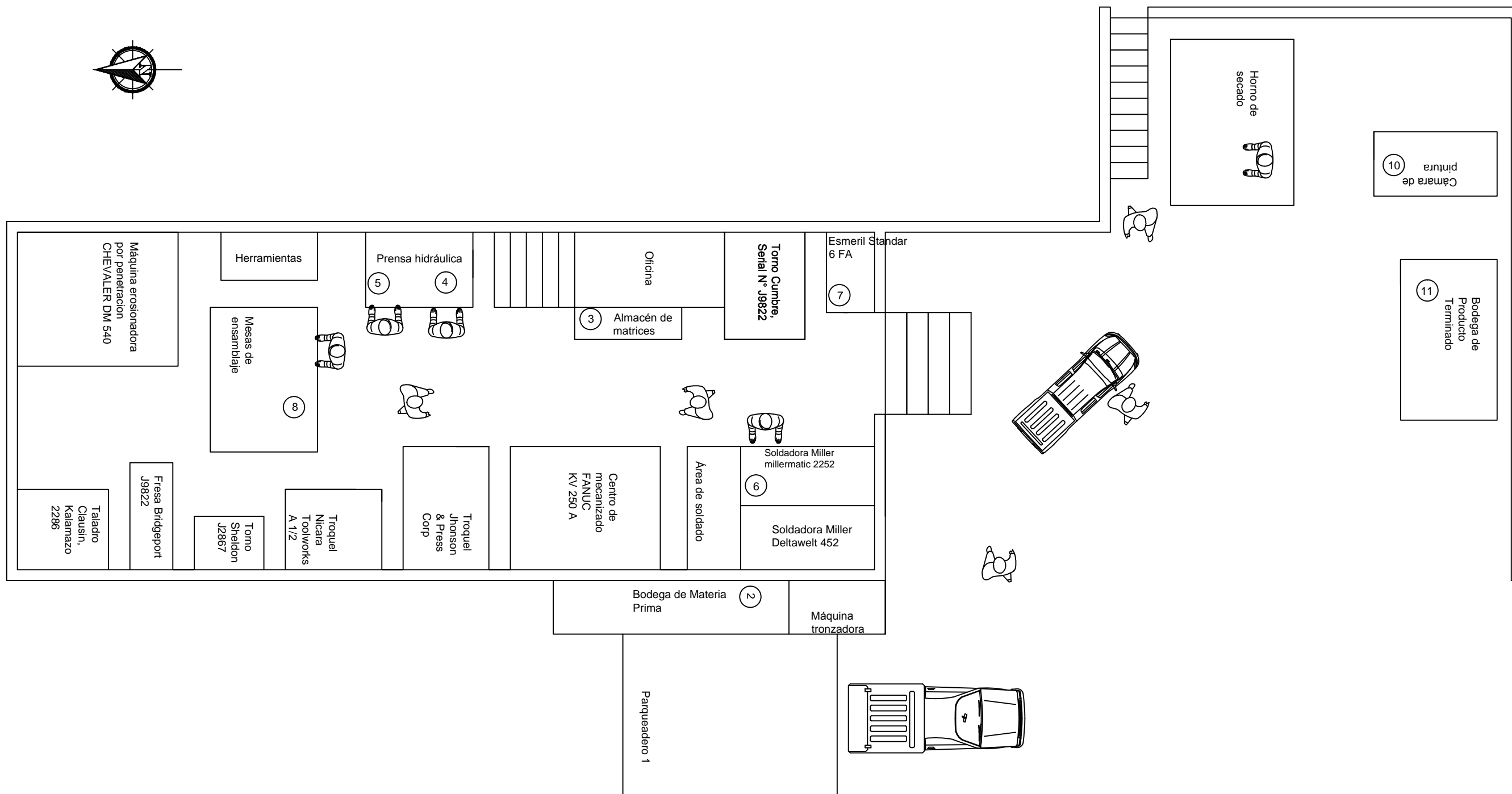
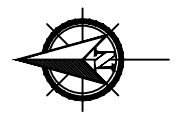


# DIAGRAMA DE RECORRIDO PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO EN LA EMPRESA "INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA"

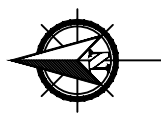


			Tolerancia: ± 1	Peso: 0 Kg	Material:
			Fecha: 13/07/2016	Nombre: SANTANA D	DIAGRAMA DE RECORRIDO IMPLEMENTADO
			Reviso: 15/07/2016	Ing. Pérez C.	
			Aprobo: 15/07/2016	Ing. Pérez C.	
01	Distribución	15/07/2016	Santana.D	U. T. A. INGENIERIA MECANICA	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	N. Lámina: 06 de 09	Registro: 
				Sustitución:	Escala: 1:8

**ACCESO VEHICULAR Y PEATONAL DE LA EMPRESA "INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA" CON EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO**



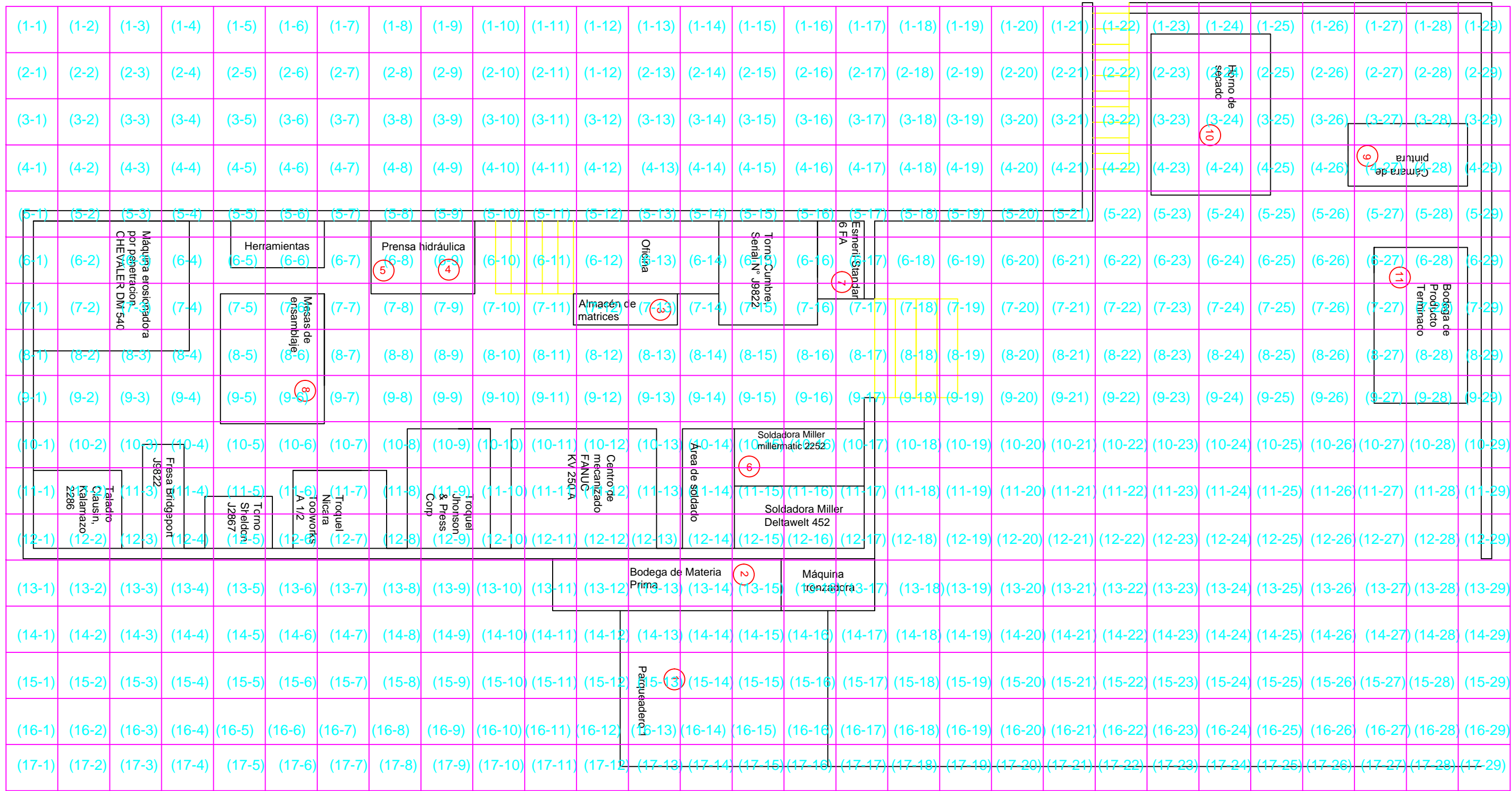
				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	0 Kg		
				Fecha:	Nombre:	Título: <b>ACCESO VEHICULAR IMPLEMENTADO</b>	Escala: <b>1:8</b>
				Dibujo: 13/07/2016	SANTANA D		
				Reviso: 15/07/2016	Ing. Pérez C.		
				Aprobo: 15/07/2016	Ing. Pérez C.		
<b>01</b>	Distribución	15/07/2016	Santana.D	<b>U. T. A.</b> <b>INGENIERIA MECANICA</b>		N. Lámina:	07 de 09
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



**COORDENADAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO EN LA EMPRESA "INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA"**

A

A



B

B

C

C

D

D

E

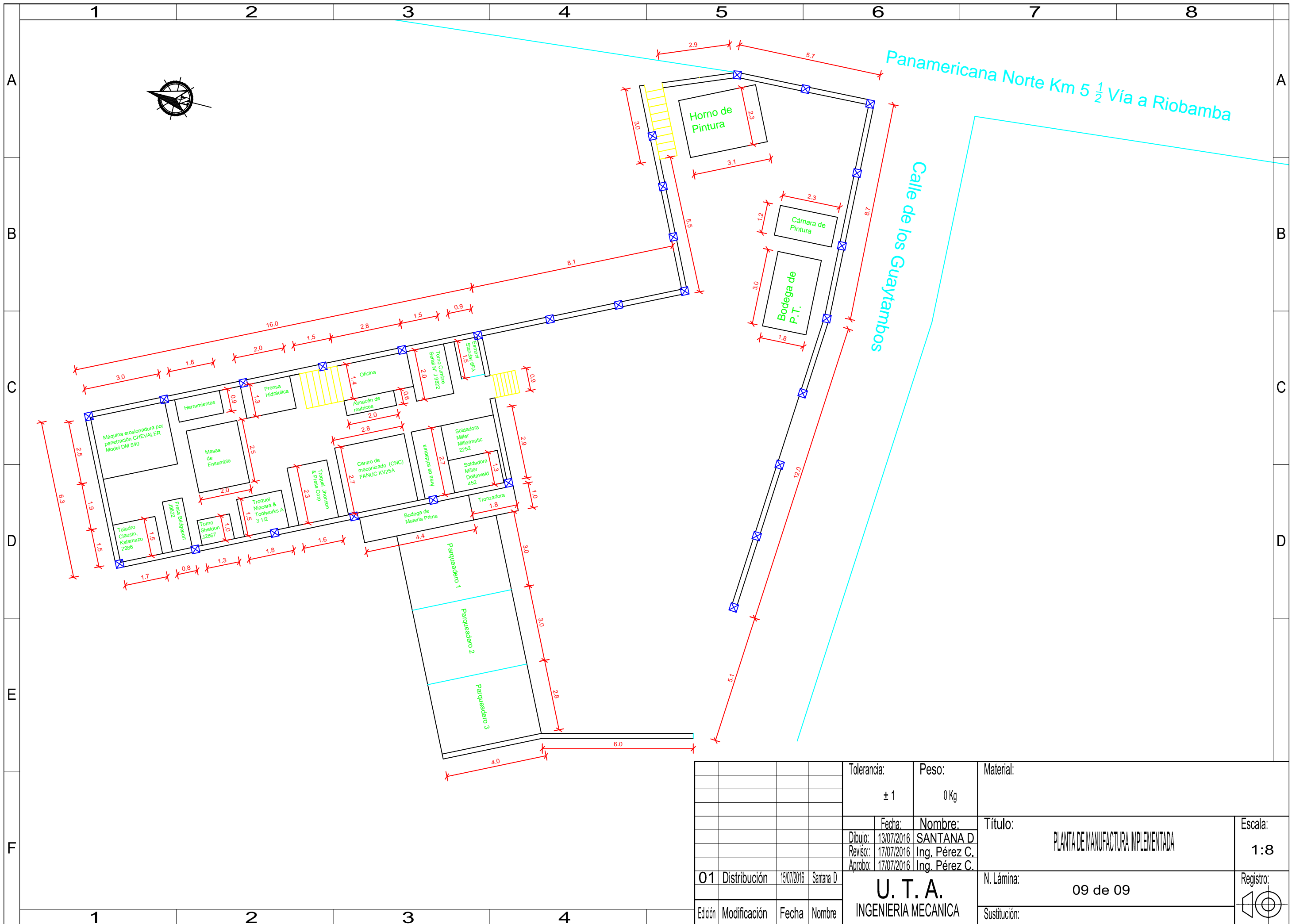
E

F

F

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				± 1	0 Kg			
				Fecha:	Nombre:	Título:	COORDENADAS IMPLEMENTADAS	Escala:
				Dibujo: 13/07/2016	SANTANA D			1:8
				Revisó: 15/07/2016	Ing. Pérez C.			
				Aprobó: 15/07/2016	Ing. Pérez C.			
01	Distribución	15/07/2016	Santana D	U. T. A. INGENIERIA MECANICA		N. Lámina:	08 de 09	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:		





				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	0 Kg		
				Fecha:	Nombre:	Título:	Escala:
				Dibujó: 13/07/2016	SANTANA D	PLANTA DE MANUFACTURA IMPLEMENTADA	1:8
				Revisó: 17/07/2016	Ing. Pérez C.		
				Aprobó: 17/07/2016	Ing. Pérez C.		
01	Distribución	15/07/2016	Santana D	U. T. A. INGENIERIA MECANICA		N. Lámina:	Registro:
	Edición	Modificación	Fecha			Nombre	09 de 09

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA POR EMBUTICIÓN EN FRÍO EN PLANCHAS DE ACERO DE HASTA 1,5 mm DE ESPESOR EN LA EMPRESA “INGENIERÍA DEL ACERO Y MATRICERÍA” DE LA CIUDAD DE AMBATO.**

Santana Tenemaza David Felipe

Facultad de ingeniería Civil y Mecánica, Universidad técnica de Ambato  
Av. Los Chasquis y Río Payamino - Ciudadela Universitaria, Tel. 032841144-032841062, Ambato  
Ecuador

davifasantana@hotmail.com

---

**ABSTRACT**

This research was conducted in order to implement a production process of plates in the company gates. because the company does not have a study of movements for this product, with a view to developing a production system that helps to lower production costs, reducing transport times between operations which strongly influences the total cost of production gate sheet, for which the method of Systematic Planning Muther (PSD), by which analyzes and selects the best available that can take the production system developed gate plates.

Free access software was used to analyze transport costs between operations and possible provisions of the industrial plant of the company for the production system gates plates to complement the method of systematic planning Muther.

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó con el fin de implementar un proceso productivo de chapas de compuertas en la empresa. debido a que la empresa no posee un estudio de movimientos para este producto, con miras a desarrollar un sistema de producción que ayude a la disminución de costos de producción, reduciendo los tiempos de transporte entre operaciones lo cual influye mucho en el costo total de producción de chapas de compuerta, para lo cual se desarrolló el método de Planeación Sistemática de Muther (PSD), mediante el cual se analiza y selecciona la mejor disposición que puede adoptar el sistema de producción de chapas de compuerta.

Para complementar el método de planeación sistemática de Muther se utilizó un software de libre acceso para analizar los costos de transporte entre

operaciones y posibles disposiciones de la planta industrial de la empresa para el sistema de producción de chapas de compuertas.

**Keywords:** planning Muther, production costs, transport times.


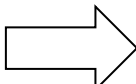
## INTRODUCCIÓN

El estudio de métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del estudio de trabajo, el cual consta de siete etapas [5]

- Seleccionar
- Analizar
- Registrar
- Desarrollar
- Definir
- Implementar
- Mantener

## Estudio de movimientos

Existe una serie de consideraciones al momento de diagramar un cursograma estas consideraciones han pasado a ser universales debido a su aprobación por parte del comité de la ASME. Dichas consideraciones son:

- Operación 
- Transporte 

➤ Inspección



➤ Demora



➤ Almacenaje



## Cursograma analítico (diagrama de proceso de flujo)

La elaboración del diagrama de flujo es sumamente fácil. Se trata de unir con una línea todos los puntos en donde se efectúan una operación, almacenaje, inspección o demora, de acuerdo con el orden natural del proceso. Esta línea representa la trayectoria usual que siguen los materiales o el operador que los procesa, a través de la planta o taller en donde se lleva a cabo. [7]

## Diagrama de recorrido

. El diagrama de recorrido permite visualizar los transportes, avances y retrocesos de las unidades, los “cuellos de botella”, los sitios de mayor concentración etc. a fin de analizar el trabajo para ver que se puede optimizar (eliminar, cambiar, reordenar, simplificar) [7]

## Sistemas de producción

La forma en que la maquinaria, el equipo y el material están dispuestos en el área de trabajo determina la disposición en esa área. La disposición se suele determinar al comienzo de las operaciones, es decir, cuando una fábrica empieza a funcionar. Para replantear una disposición del espacio hay que empezar por distinguir cinco tipos básicos: disposición por posiciones fijas, disposición por producto o línea de ensamble, disposición por proceso o función, disposición por grupos o celdas de trabajo y disposición por proyectos. [11]

### Planeación Sistemática de Muther

El método sistemático para configurar plantas desarrollado por Muther en 1973 se llama Método Sistemático de Distribuciones (SLP). El objetivo del SLP es ubicar dos áreas con grandes relaciones lógicas y de frecuencias cercanas entre sí mediante el uso de un procedimiento directo de ocho pasos. [14]

## Diagrama de relaciones

En esta etapa es donde se establecen las relaciones entre las diferentes áreas, después, se elaboran un diagrama sobre un formato especial llamado diagrama racional de áreas funcionales. [14]

A. Gráfica de relaciones (basada en las tablas B y C)

De	A				
	2	3	4	5	
1. Departamento de crédito	I 6	U —	E 4	U —	
2. Departamento de juguetes		U —	I 1	A 1,6	
3. Departamento de vinos			U —	X 1	
4. Departamento de cámaras				X 1	
5. Departamento de chocolates					

**Figura 2. 1** Gráfica de relaciones

**Fuente:** [12] Administración Operaciones, (2006), pág. 226

### Diagrama racional de áreas funcionales

Mediante este diagrama se puede visualizar las posiciones relativas de unas áreas frente a otras utilizando los datos de la tabla de relaciones y trazando las valoraciones de proximidad de la siguiente manera: [10]

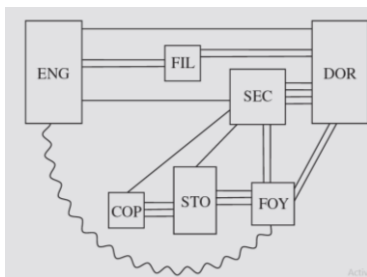
Valor	Líneas en el diagrama	Color
4	≡≡≡≡	Rojo
3	≡≡≡	Amarillo
2	≡≡≡	Verde
1	≡≡	Azul
0	—	
-1	∕∕∕∕∕∕	Café

**Figura 2. 2** Valores de relación del SPL

**Fuente:** [13], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 90

### Disposición según la relación de espacio

Una vez determinada las necesidades de espacio y analizado todos los parámetros anteriores se crea una representación espacial escalando las áreas en términos de su tamaño relativo.



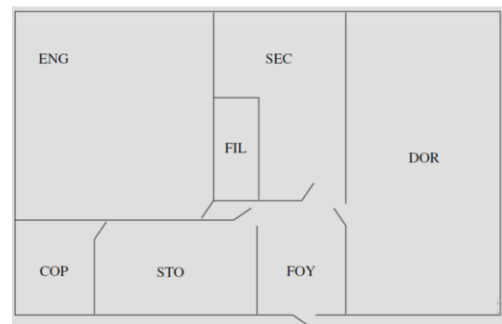
**Figura 2. 3** Diagrama de relaciones en tamaño relativo

**Fuente:** [13], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 91

### Disposición seleccionada e instalación

El paso final es implementar el nuevo método. Debido al elevado número de factores que han de ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar una disposición en planta y el enorme número de cálculos y posibilidades en los problemas de disposición, la computadora juega un papel importante facilitando el desarrollo de los cálculos. Los programas desarrollados para asistir

a la disposición de la planta pueden utilizar criterios cuantitativos (debiendo ser especificadas entonces las matrices de distancia e intensidades de tráfico entre áreas) o cualitativos (en cuyo caso se utilizan escalas de prioridades de cercanía). [14]



**Figura 2. 4** Evaluación de arreglos alternativos

**Fuente:** [13], Ingeniería industrial, (2009), Pág. 90

## 2. Implementación del sistema de producción.

En el diagrama de recorrido actual de la empresa (ver **Plano 2**) se puede observar que los puestos de trabajo están relativamente bien ubicados pero el análisis de las operaciones nos indicará si es necesario realizar cambios en la disposición de la planta o realizar otro tipo de cambios como el remplazo de maquinaria, capacitación de personal, mejoramiento de equipos etc.

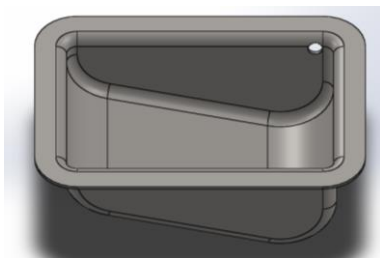
### Análisis de productos - cantidades

La materia prima utilizada para la fabricación de chapas de compuerta son planchas de acero AISI 1018, se utiliza este tipo de acero por sus propiedades mecánicas, físicas y químicas ya que este tipo de acero se utiliza para operaciones de formado y también por su facilidad para soldarlo. Cada chapa de compuerta consta de dos planchas embutidas; con las formas observadas en las **figuras 3.1 y 3,2**



**Figura 3. 1** Forma de la chapa de compuerta embutida 1

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. 2** Forma de la chapa de compuerta embutida 2

**Fuente:** Elaborado por el autor

### Costo total del sistema de producción actual

El costo total es de 28,902 \$ por cuatro chapas de compuerta elaboradas en una jornada de trabajo; es decir que el costo actual por una chapa embutida de compuerta es de 7,225 \$.

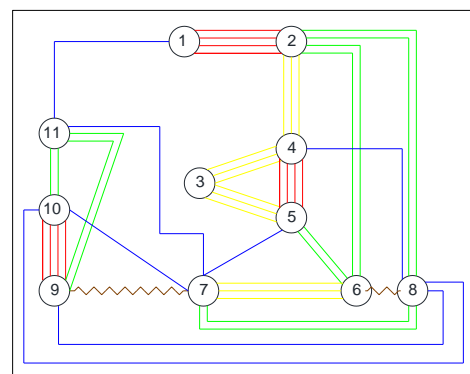
**Tabla 3.1** Costos total del sistema de producción actual

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN DE CHAPAS DE COMPUERTA		
1	Costo de operaciones	6,027
2	Costo de materia prima	4,096
3	Costo de transporte	18,10
<b>Costo Total</b>		<b>28,223</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

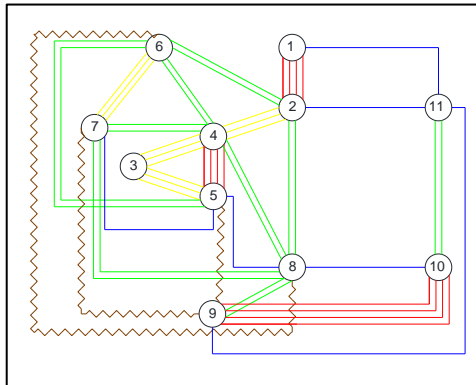
### Diagrama racional de áreas funcionales

Utilizando la relación de áreas de la empresa y el cuadro de valores de relación; se realiza el diagrama racional de áreas funcionales ya que en el cuadro de valores se especifica el tipo de línea para unir las diferentes áreas, con su respectivo código de colores; con lo que procedemos a realizar el diagrama de valoración de actividades.



**Figura 3. 3** Diagrama de relación de actividades Alternativa A

**Fuente:** Elaborado por autor



**Figura 3. 4** Diagrama de relación de actividades Alternativa B

**Fuente:** Elaborado por autor

Una vez realizado el análisis para la selección de la alternativa podemos asegurar que la mejor alternativa es la B; es decir implementar una prensa hidráulica para los procesos de embutido y corte, y así disminuir costos, tanto de transportes como de operación.

### Interpretación de resultados

Entonces el costo total del sistema de producción de chapas de compuerta es:

**Tabla 3. 2** Costo total del sistema de producción implementado

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN IMPLEMENTADO DE CHAPAS DE COMPUERTA		
1	Costo de operaciones	4,498
2	Costo de materia prima	4,096
3	Costo de transporte	14,04
	<b>Costo Total</b>	<b>22,634</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

La disposición final de la planta para el sistema de producción de chapas de compuerta con la alternativa seleccionada es como se muestra en el **Plano 9**. Cabe recalcar que el centro de mecanizado 1 que estaba ubicado en la distribución original de la planta (ver **Plano 1**) fue retirado de su lugar por razones totalmente ajenas al proyecto que se desarrolla para la implementación de este sistema productivo de chapas de compuerta.

Entonces el costo de producción de chapas de compuerta con el sistema implementado es de 22,634 \$ por cuatro chapas de compuerta producidas en una jornada de trabajo; valor que con el sistema de producción anterior era de 28,223 \$, obteniendo un ahorro de 5,589 \$.

### Conclusiones

- El diseño e implementación del sistema de producción de chapas de compuerta, ha marcado un precedente en la empresa “Ingeniería del acero y Matricería” el cual demuestra que se puede mejorar los sistemas productivos de la empresa.
- Una vez realizado el análisis de producción se determinó que el proceso

de embutido para este tipo de producto no es el adecuado.

- Después de analizar y evaluar las alternativas desarrolladas mediante el método (PSD) se considera como la mejor opción la implementación de una prensa hidráulica para suplir a los troqueles que cumplían las operaciones de embutido y corte.
- Al implementar el nuevo sistema de producción de chapas de compuerta en la empresa “Ingeniería del acero y Matricería” se pudo disminuir el costo de producción de 7,055 \$ a 5,658\$ obteniendo un ahorro de 1,4 \$ por chapa de compuerta producida
- El rediseño del producto al momento de la implementación del sistema de producción de chapas de compuerta no es necesario ya que el producto en sí; no se altera solamente se modifica la maquinaria con que se los produce.
- Al poder controlar la velocidad de avance del pistón de la prensa hidráulica la calidad del producto mejoró y las planchas de acero con fallos o cortes no deseados disminuyeron considerablemente.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda tener un constante control del sistema de producción de chapas de compuerta por

lo menos el primer semestre desde su implementación.

- No se debe tomar a la disposición final arrojada por el software de libre acceso como la mejor opción a implementar en la práctica.
- Se debería utilizar el software de libre acceso solo como ayuda para obtener los costos de transporte entre operaciones.
- Para mantener la disminución de los costos de producción no se debería modificar las disposiciones implementadas los puestos de trabajo.
- Para la introducción de las coordenadas en el software de libre acceso se recomienda realizar un plano real de la planta con sus respectivas coordenadas.
- El área de pintura no debería cambiar de posición ya que está alejada de los demás procesos evitando riesgos tanto para el operario como para el producto final de este o cualquier otro proceso productivo
- Se debería analizar los tiempos de transporte entre operaciones ya que es ahí donde se genera un mayor costo para la producción.
- Se recomienda analizar los demás sistemas de producción en busca de su mejora continua.

### **Bibliografía**



[1] F. Autoform, “*LISTADO DE EMPRESAS CALIFICADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARROCERIAS POR PARTE DE LAS ESCUELAS POLITECNICAS*”. Internet: [www.epmmop.gob.ec/epmmop/images/..listado\\_carroserias\\_\(11-18-2012\).pdf](http://www.epmmop.gob.ec/epmmop/images/..listado_carroserias_(11-18-2012).pdf)/ Oct. 11, 2012 [Enero. 20, 2016]

[2] A. Franklin. “Reingeniería del proceso de fabricación, rediseño de las matrices y simulación del proceso de embutición de la vajilla de campaña de lámina de aluminio temple H0 tipo bandeja de capacidad de un litro de la E.M. Santa Bárbara E.P.”. Escuela Politécnica del Ejercito, Ecuador, 2013.

[3] J. Javier, M. Patricio y Q. Vinicio. “Diseño del proceso de fabricación para accesorios de grifería del grupo F.V. y construcción de la matricería del molde 406.19”. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2010.

[4] H. Carlos y V. Wilson. “Diseño y simulación del proceso de embutición de chapa metálica para la construcción de extintores utilizando el método de elementos finitos”. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2010.

[5] G. Autoform, “ESTUDIO DEL TRABAJO OIT”. Internet: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/> Oct. 11, 2012 [Enero. 20, 2016]

[6] F. Autoform, “MÉTODOS Y TIEMPOS EL ESTUDIO DEL TRABAJO PARA LA PRODUCTIVIDAD”. Internet: [http://www.gestiopolis.com/metodos-y-](http://www.gestiopolis.com/metodos-y-tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad)

[tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad](http://www.gestiopolis.com/metodos-y-tiempos-el-estudio-del-trabajo-para-la-productividad) //Oct. 16, 2014 [Enero. 27, 2016]

[7] S. Roger G, G. Susan, R. M. Johnny. *Administración de operaciones Conceptos y casos contemporáneos*. New York, USA: Mc Graw Hill Educación. 2011, Pág. 59.

[8] F. Autoform, “Ingeniería en la Industria”, Dedicado a todas las operaciones de ingeniería llevadas a cabo dentro de la industria, con el objetivo de optimizar. Internet: <http://industrial-diegohernandez.blogspot.com/> [Abril. 14, 2014]

[9] F. Autoform, “Cursograma analítico”, Generalidades. Internet: [http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMet1/POLILIBRO/2%20PORTAL/P4%20CURSOGRAMA%20ANALITICO/GENERALIDADES\\_4.htm](http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMet1/POLILIBRO/2%20PORTAL/P4%20CURSOGRAMA%20ANALITICO/GENERALIDADES_4.htm) [Marzo. 12, 2008]

[10] F. Autoform, “Iván García Sánchez”, Conocer los diagramas de recorrido. Internet: <https://sites.google.com/site/ivangarciasanchez90/objetivos/gestion-tema-7/10o> [Junio. 12, 2010]

[11] Kanawaty, G. *Introducción al estudio del trabajo OIT*. Ginebra, Cuarta edición: Copyright Organización Internacional del trabajo. 1998, Pág. 207-209.

[12] CH. Richard B, A. Nicholas J, J. F. Robert. *Administración de producción y operaciones*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill Educación. 2002, Pág. 194.

[13] N. Benjamin W, Freivalds A. *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Educación. 2009, Pág. 86-87.

[14] J. Autoform, “Método de planeación sistemática de la distribución de Muther (PSD)”. Internet: [https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf](https://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema%205.pdf) // Agosto 15, 2014 [Mayo .18, 2016]

[15] M. Autoform, “Introducción al programa WIN QSB”. Internet: [www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf](http://www.uv.es/martinek/material/WinQSB2.0.pdf) / Mar 17, 2009 [Febrero . 14, 2016]

[16] R. Julian M, C. Lucas M, RR. Juan Carlos. *Procesos industriales para materiales metálicos*. Madrid, España: Grupo corporativo visionnet. 2006, Pág. 223.

[17] J. Autoform, “Gruop OP – P3000 Series”. Internet: <http://www.dynamics.com/downloads/prodcat/grp-0p.pdf> Julio 16, 2006 [Julio. 22, 2016]

[18] K. Autoform, “Rockwell Automation” Interruptores de control y carga 194L.

Internet:<http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229254/3170945/229537/print.html> Julio 16, 2016 [Septiembre. 12, 2016]

[19] D.J. Autoform, “Induelectro, Harok” Internet: <http://www.induelectro.cl/site/index.php/es/component/k2/item/245-luz-piloto-led-modelo-hd-16-22d-s4-harok> Enero, 2015 [Septiembre. 16, 2016]

[20] M. Autoform, “Huye, HUP7 series”, Pushbutton spring return Internet: <http://www.controlmovimiento.com.mx/productos/huyu/> Marzo, 2016 [Septiembre. 22, 2016]