

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
CONFORMADOS DE VARILLA DE CONSTRUCCIÓN CON UNA  
CAPACIDAD DE 50000 TONELADAS POR AÑO PARA LA  
EMPRESA F.S.M.B. SANTA BÁRBARA S.A.**

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

**AUTOR: RODDY JOSÉ MACÍAS CEVALLOS**

**DIRECTOR: ING. JAVIER POZO**

**CODIRECTOR: ING. PATRICIO QUEZADA**

**Sangolquí, 2012-02**

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CONFORMADOS DE VARILLA DE CONSTRUCCIÓN CON UNA CAPACIDAD DE 50000 TONELADAS POR AÑO PARA LA EMPRESA F.M.S.B. SANTA BÁRBARA S.A.” fue realizado en su totalidad por Roddy José Macías Cevallos, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. Javier Pozo**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Patricio Quezada**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2012-02-08**

# **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“DISEÑO Y SELECCIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
CONFORMADOS DE VARILLA DE CONSTRUCCIÓN CON UNA  
CAPACIDAD DE 50000 TONELADAS POR AÑO PARA LA EMPRESA  
F.M.S.B. SANTA BÁRBARA S.A.”**

**ELABORADO POR:**

---

**Roddy José Macías Cevallos**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

---

**Ing. Xavier Sánchez**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Sangolquí, 2012-02-08**

## **DEDICATORIA**

Al ser supremo, Dios, creador del universo, por quien existen y subsisten todas las cosas, por su misericordia, protección y ayuda continua.

Con mucho amor, respeto y admiración a mis padres José Macías y Aida Cevallos, por todo el amor, el apoyo, la felicidad, la paz, la paciencia, la ayuda, la bondad, la guía y la corrección, brindada a través de todos estos años, en la noble e ineludible labor de ser los mejores padres.

A mis hermanos por convertirse en apoyo importante en ciertos momentos difíciles de mi vida.

A mis compañeros y compañeras, amigos y amigas que de alguna u otra forma contribuyeron a mi desarrollo tanto profesional como personal.

A todas las personas que me han brindado su amistad sincera y verdadera y quieren mi bienestar y crecimiento personal.

**Roddy Macías**

## **AGRADECIMIENTOS**

A lo largo de mi vida universitaria he encontrado personas quienes me han apoyado en todos mis proyectos y aspiraciones a ellos va mis agradecimientos.

En primer lugar agradezco a Dios por darme la vida y la capacidad para enfrentar las dificultades de la vida, a mis padres por su inmenso amor, comprensión y apoyo, siempre serán lo más importante en mi vida, a mis hermanos por el soporte dado y a todos mis amigos, amigas, compañeros y compañeras por ser parte importante en la consecución de esta nueva meta en mi vida.

Agradezco a todos los profesores y maestros que han contribuido en mi formación profesional a lo largo de los años de universidad en especial a: Ing. Javier Pozo, Ing. Patricio Quezada, Ing. Alexis Ortiz, Ing. Milton Acosta, Ing. Carlos Naranjo, Ing. Carlos Suntaxi, Ing. José Pérez, Ing. Emilio Tumipamba, Ing. Fernando Montenegro, Ing. Juan Pablo Alcoser, Ing. Roberto Gutiérrez, Ing. Alfredo Cevallos, Ing. Adrián Peña, Ing. Hernán Ojeda.

Un agradecimiento especial al Sr. Ing. Javier Pozo y al Sr. Ing. Patricio Quezada por toda la ayuda prestada para la realización de este proyecto.

**Roddy Macías**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
TABLAS.....	x
FIGURAS.....	xi
ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
<b>CAPÍTULO 1    GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1    ANTECEDENTES .....	1
1.2    DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3    OBJETIVOS .....	2
1.3.1    OBJETIVO GENERAL .....	2
1.3.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4    JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....	3
1.5    ALCANCE .....	5
1.6    GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	5
<b>CAPÍTULO 2    ESTUDIO TÉCNICO .....</b>	<b>10</b>

2.1 ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE MERCADO PRELIMINAR .....	10
2.2 DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA .....	11
2.3 ANÁLISIS DE LA LOCALIZACIÓN .....	15
2.3.1 MACRO-LOCALIZACIÓN.....	15
2.3.2 MICRO-LOCALIZACIÓN .....	16
2.3.2.1 Área disponible de terreno .....	18
2.3.2.2 Vías de acceso .....	18
2.3.2.3 Fuentes de abastecimiento eléctrico.....	19
2.3.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua .....	19
2.3.2.5 Ordenanzas municipales .....	20
<b>CAPÍTULO 3 INGENIERÍA CONCEPTUAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
3.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO .....	21
3.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	21
3.1.1.1 Varilla corrugada soldable ANDEC .....	21
3.1.1.1.1 Propiedades de la varilla corrugada .....	22
3.1.1.2 Rollos corrugados ANDEC. ....	27
3.1.1.2.1 Propiedades y especificaciones del rollo corrugado.....	27
3.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS.....	29
3.1.2.1 Barras rectas cortadas a medida .....	30
3.1.2.2 Barras con dobleces en uno o en ambos extremos .....	30
3.1.2.2.1 Ensayo de doblado para varillas corrugadas.....	32

3.1.2.2.2 Ensayo de doblado para rollos corrugados. ....	34
3.1.2.3 Estribos y otras figuras geométricas .....	35
3.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO .....	36
3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS .....	36
3.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONFORMADOS DE VARILLA. ....	37
<b>CAPÍTULO 4 INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO.....</b>	<b>39</b>
4.1 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	39
4.1.1 EVALUACIÓN DE EQUIPOS. ....	39
4.1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS. ....	49
4.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA Y REQUERIMIENTOS DE ÁREA .....	50
4.2.1 ÁREA DE CAPTACIÓN DE MATERIA PRIMA.....	52
4.2.2 ÁREA DE CONFORMACIÓN DE VARILLAS .....	53
4.2.3 ÁREA DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.....	56
4.3 INFRAESTRUCTURA AUXILIAR .....	57
4.4 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y SU DISTRIBUCIÓN.....	62
4.5 REQUERIMIENTOS DE MATERIALES VARIOS Y HERRAMIENTAS	71
4.6 SISTEMAS DE GESTIÓN.....	72
4.6.1 CADENA DE SUMINISTRO .....	73
4.6.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	78
4.6.3 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....	79



<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INTEGRAL.....</b>	<b>82</b>
5.1	SEGURIDAD INDUSTRIAL .....	82
5.2	SEGURIDAD AMBIENTAL .....	83
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO.....</b>	<b>86</b>
6.1	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	86
6.1.1	COSTOS DE INVERSIÓN.....	86
6.1.2	COSTOS OPERATIVOS .....	87
6.2	ANÁLISIS FINANCIERO.....	88
6.2.1	COSTOS DIRECTOS.....	88
6.2.2	COSTOS INDIRECTOS .....	89
6.2.3	ANÁLISIS DE TIR Y VAN.....	90
6.3	DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN .....	96
<b>CAPÍTULO 7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>97</b>
7.1	CONCLUSIONES .....	97
7.2	RECOMENDACIONES.....	100
	BIBLIOGRAFÍA.....	104
	ANEXOS.....	106

## TABLAS

<b>Tabla 2.1: Tabla para determinar la capacidad de la planta. ....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 3.1 Límites de fluencia de la varilla ANDEC .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 3.2 Propiedades mecánicas de la varilla corrugada soldable ANDEC:.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3.3 Diferencias entre varilla corrugada tradicional y varilla corrugada soldable ANDEC. ....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 3.4 Dimensiones y pesos de la varilla corrugada soldable ANDEC.</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 3.5 Formas de entrega y embalaje de las varillas corrugadas soldables ANDEC.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 3.6 Tolerancias dimensionales y de masa de la varilla corrugada soldable ANDEC.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 3.7 Propiedades mecánicas del rollo corrugado ANDEC.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 3.8 Pesos por metro de rollo corrugado ANDEC. ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 3.9 Formas de entrega de los rollos corrugados. ....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 3.10 Tolerancia de masa para el rollo corrugado.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 3.11 Diámetro mínimo de doblado para varillas corrugadas ANDEC.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 3.12 Requisitos del ensayo de doblado de varillas en frío.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3.13 Requisitos del ensayo para rollos en frío.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 4.1 Consumo de Aire de las Máquinas SCHNELL.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 4.2 Consumo de Aire Total de la Línea de Producción. ....</b>	<b>60</b>

## FIGURAS

<b>Figura 2.1: Demanda de varillas corrugadas para construcción a nivel Nacional y participación de ANDEC en el mercado .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2.2 Distribución por diámetro de las ventas de varillas a nivel nacional .....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2.3 Distribución por forma de las varillas utilizadas en las obras a nivel nacional .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.4 Macro-localización de la planta con su proveedor y sus consumidores finales .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2.5 Micro-localización de la planta, planos del terreno, además se aprecia la ubicación del centro de acopio de varillas de ANDEC .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.6 Área disponible para la planta de conformados y planta de la división industrial .....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.7 Vías de acceso externas e internas de la planta de conformados. ....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 3.1 Núcleo y capa externa de la varilla ANDEC .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3.2 Ensayo de tracción de la varilla corrugada soldable ANDEC ..</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3.3 Formas típicas de barras dobladas en uno o ambos extremos.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 3.4 Máquina de doblado y colocación de la varilla para realizar el ensayo de doblado a 180° .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 3.5 Formas típicas de estribos y otras figuras geométricas. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 3.6 Diagrama de procesos de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. ....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 4.1 Organigrama de la Planta de Conformados.....</b>	<b>63</b>

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1:** Cuestionario para centro de corte y doblado de varillas.

**ANEXO N° 2:** Ordenanza metropolitana de régimen de suelo para el distrito metropolitano de Quito.

**ANEXO N° 3:** Informe de regulación metropolitana.

**ANEXO N° 4:** Informe de compatibilidad de uso de suelo.

**ANEXO N° 5:** Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2167.

**ANEXO N°6:** Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 102.

**ANEXO N° 7:** Caracterización del proceso de producción de la línea de conformados.

**ANEXO N° 8:** Oferta para la línea de producción de conformados por parte de la empresa SCHNELL GROUP.

**ANEXO N° 9:** Oferta para la línea de producción de conformados por parte de la empresa MEP GROUP.

**ANEXO N° 10:** Oferta para la línea de producción de conformados por parte de la empresa STEMA/PEDAX.

**ANEXO N° 11:** Matriz de decisión para la selección de la empresa proveedora.

**ANEXO N° 12:** Tabla de producción de la línea de conformados.

**ANEXO N° 13:** Plano de distribución de áreas.

**ANEXO N° 14:** Planos de la estructura metálica de la nave.

**ANEXO N° 15:** Plano de instalaciones eléctricas.

**ANEXO N° 16:** Fichas técnicas de las máquinas de la línea de producción.

**ANEXO N° 17:** Plano de instalaciones de aire comprimido.

**ANEXO N° 18:** Oferta de puente grúa.

**ANEXO N° 19:** Descriptivos del cargo del personal de planta.

**ANEXO N° 20:** Procedimientos para el sistema de gestión de la cadena de suministro o compras.

**ANEXO N° 21:** Procedimiento para el sistema de gestión de mantenimiento.

**ANEXO N° 22:** Procedimiento para el sistema de gestión de programación de la producción.

**ANEXO N° 23:** Procedimiento para el sistema de gestión de seguridad industrial.

**ANEXO N° 24:** Procedimiento para el sistema de gestión de seguridad ambiental.

**ANEXO N° 25:** Tablas del análisis económico y financiero.

## RESUMEN

En la actualidad la demanda de acero para hormigón armado se ha incrementado debido al dinámico crecimiento de la industria de la construcción, por lo cual se torna cada vez más imperante la necesidad de construir edificaciones y estructuras de hormigón armado con la mayor rapidez y al menor costo posible. Pensando en esta necesidad la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. prevé industrializar el sector de los conformados de varilla corrugada de construcción a través de la implementación de un centro de corte y doblado de varillas. Para dicho efecto se ha considerado indispensable y necesario realizar el diseño y selección de una línea de producción de conformados de varilla de construcción el cual es el tema abordado en la presente tesis.

La intención del proyecto es suministrar a los constructores a nivel nacional de los productos de conformados de varilla con la finalidad de ayudarlos a optimizar sus procesos de construcción, generando beneficios económicos y técnicos para ellos y a su vez generando rentabilidad para la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.

En vista del gran potencial de negocio existente en la industria de los conformados, al ser estos elaborados en su mayoría en los sitios de obra y a través de procesos manuales, se presentó como una solución a la problemática de la elaboración de los conformados en obra, la industrialización de su manufactura, de esta manera se pretende ingresar al mercado ecuatoriano con productos de conformados de gran calidad y a su vez reducir los tiempos necesarios para su elaboración y los costos derivados de estos.

El objetivo propuesto en el presente proyecto es realizar un correcto diseño y selección de la línea producción de conformados de varilla de construcción para esto se realizó en primera instancia una investigación de mercado sobre el consumo de varillas corrugadas a nivel de país y los diámetros y formas más utilizadas en las construcciones cuyo resultado nos dio la pauta para establecer la capacidad de la línea de producción y además realizar la selección de la maquinaria que cubra de mejor manera las necesidades de la nueva línea.

Se diseñó la distribución de áreas dentro de la planta, el sistema eléctrico y el sistema de aire comprimido para el óptimo funcionamiento de la línea de producción además se elaboró un modelo de instalaciones para albergar la línea de producción la cual debe estar protegida de la intemperie. También se realizó el organigrama con los descriptivos del cargo del personal que laborará en la planta y se elaboraron los procedimientos necesarios para los sistemas de gestión y los sistemas de protección integral de la empresa, por último se realizó el análisis económico y financiero del proyecto el mismo que permitió concluir que el proyecto es rentable para la empresa. De esta forma se deja sentado un proyecto con bases sólidas para su implantación en el futuro por parte de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.

El presente proyecto fue elaborado en su totalidad en la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. y la empresa es la beneficiaria de los resultados obtenidos.

Es importante destacar que en la realización del presente proyecto se ha determinado su factibilidad técnica y económica por lo cual se recomienda su implantación.

# **CAPÍTULO 1 GENERALIDADES**

## **1.1 ANTECEDENTES**

La F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de armas, municiones, prestación de servicios logísticos para la defensa y soluciones industriales-metalmecánicas, así como de proporcionar servicios técnicos relacionados y de involucrarse en la competencia con nuevos proyectos de la industria. Presta sus servicios a las Fuerzas Armadas proveyéndola de municiones para entrenamiento y operaciones militares, además a empresas involucradas en el ámbito militar y del sector público y privado en proyectos específicos; sin embargo, la empresa busca incrementar su cartera de clientes tanto en el sector público como privado. Esta empresa forma parte del grupo de empresas pertenecientes al grupo empresarial HOLDING DINE, el cual tiene diferentes campos de acción.

F.M.S.B. SANTA BÁRBARA S.A. desarrolla sus actividades en cumplimiento con las siguientes regulaciones:

- Ley No 3757 de Importación, Exportación, Comercialización, Fabricación y Tenencia de Armas.
- Especificaciones del MTOP No 001.
- Internacional AISC.
- Normas INEN para la construcción metalmecánica.
- Regulación ambiental y de seguridad por parte del Municipio del Cantón Rumiñahui.
- Regulación ambiental y de seguridad por parte del Departamento de Riesgos del Trabajo del IESS.

Los productos y servicios de F.M.S.B. SANTA BÁRBARA S.A. satisfacen las necesidades del mercado militar, deportivo, de seguridad y de construcción.

Considerando el crecimiento económico y social por el que atraviesa el Ecuador a fin de comunicar mediante redes viales a sus poblaciones y brindar mejores edificaciones con la más alta tecnología; nace la necesidad de crear



superestructuras adaptables al medio y que brinden un alto grado de seguridad a quienes lo requieren. Esta oportunidad, ha permitido un notable crecimiento de la industria metalmeccánica en la cual se desarrolla la F.M.S.B. y su División Industrial.

Además debido al crecimiento poblacional a nivel país, se necesita construir muchas edificaciones como viviendas, puentes, edificios y obras civiles en general que requieren estructuras de hormigón armado. Para este fin, el mercado de la construcción necesita soluciones más óptimas para facilitar la fabricación y el ensamblaje de estructuras hechas con varillas de hierro.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Debido al gran crecimiento de la Industria de la Construcción se hace cada vez más necesario la optimización de los procesos de construcción de todo tipo de obra civil, razón por la cual la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. pensando en esta necesidad del mercado ha decidido implantar una nueva línea de producción la cual se dedicará a proveer a las empresas constructoras de varillas de hierro conformadas con la finalidad de ayudar a los constructores en sus procesos.

La F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. desea introducirse en este mercado a nivel nacional para lo cual se implementará una planta para satisfacer dicho objetivo. Es necesario entonces realizar el diseño y selección de una línea de producción óptima para la obtención de los nuevos productos de varilla de construcción (varillas conformadas), el cual es el motivo del proyecto presente, de esta manera se desea que la empresa obtenga la mayor rentabilidad por las ventas de la nueva línea de productos

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y seleccionar la línea de producción de la planta procesadora de varillas de construcción para la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar el mercado de la varilla de construcción en el Ecuador y estudiar la demanda a nivel nacional.
- Evaluar la factibilidad de la creación de la línea de producción.
- Determinar los tipos, geometrías y cantidades de los productos que demanda el mercado de la construcción con hormigón armado.
- Establecer a través de una matriz de selección apropiada la maquinaria para realizar los diferentes procesos de figurado y conformado de varillas de construcción.
- Diseñar la distribución de planta (layouts) utilizando normativas nacionales e internacionales y el espacio físico destinado para esta por la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.
- Diseñar una adecuada cadena de suministro.
- Recomendar el sistema de protección integral de acuerdo a normativas nacionales e internacionales.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

La demanda de hierro para hormigón armado en la actualidad se ha incrementado debido al dinámico crecimiento de la industria de la construcción, por lo cual se torna cada vez más imperante la necesidad de construir edificaciones y estructuras de hormigón armado con la mayor rapidez y al menor costo posible. Pensando en esta necesidad la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. prevé industrializar el sector de conformados de varilla de construcción de tal forma que se disminuya la elaboración en la obra de los conformados. Para esto se planea realizar la implementación del centro de corte y doblado de varillas corrugadas para la construcción. Dicho centro, es una división especializada capaz de suministrar a las constructoras de las varillas cortadas y dobladas, también se puede realizar el ensamblado y colocado en la obra.

Las ventajas de la implementación de este centro en comparación con la elaboración en el campo de los conformados de varilla se describen a continuación:

## **1. Ventajas económicas:**

1. La productividad promedio de cada operario aumenta con la utilización de máquinas automáticas<sup>1.1</sup>.
2. Los desperdicios de materiales se reducen permitiendo que se disminuyan los costos derivados de los desperdicios y el daño al medio ambiente<sup>1.2</sup>.
3. El costo de la mala calidad disminuye notablemente.

## **2. Simplificación de la gestión de la obra:**

1. La empresa constructora no elabora los conformados de varilla sino que los compra ya elaborados lo que significa un gran ahorro en todos los factores y recursos productivos.
2. La empresa conoce el COSTO REAL de la fase de la elaboración del hierro, lo que en el campo es difícil de cuantificar.
3. Tiempos de entrega bajo control.
4. Integración vertical y complemento al proceso de fabricación de varilla producida por ANDEC, empresa que forma parte del grupo empresarial HOLDING DINE.

## **3. Nivel de calidad elevada del producto y servicio:**

1. La especialización y las máquinas modernas utilizadas por los centros de corte y doblado garantizan una precisión que no se puede lograr de forma manual (longitudes, ángulos, rectitud, etc.). Por lo que la elaboración de los conformados en la planta satisface las necesidades del cliente.
2. La organización y los instrumentos informáticos (etiquetas, listas de trabajo, listas de entrega, etc.) simplifican la identificación de las piezas y su colocación en la obra de ser necesario.

---

<sup>1.1</sup> Datos proporcionados por la empresa SCHNELL.

<sup>1.2</sup> Datos proporcionados por la empresa SCHNELL.

Debido a todas estas ventajas y tomando en cuenta la rentabilidad económica y social que se generaría para la empresa al ingresar al mercado esta nueva línea de productos, la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. realizará la implementación del centro de corte y doblado de varillas con lo que mejorará la rentabilidad de la empresa y creará fuentes de trabajo adicionales u optimizará las operaciones de la organización y contribuirá de manera significativa al desarrollo socio-económico del país.

## 1.5 ALCANCE

Realizar el diseño de la línea de producción de la planta de conformados de varilla para lo cual se necesitará seleccionar la maquinaria, determinar la disposición de la misma y establecer el flujo del proceso, de esta manera se pretende generar la mayor utilidad para la empresa.

Además se realizará el análisis del estudio de mercado previo al diseño de la línea de producción. De igual manera se establecerá la distribución de la maquinaria y los requerimientos de área para la planta, la infraestructura auxiliar, los requerimientos de mano de obra, los sistemas de gestión y los sistemas de protección integral.

Como parte complementaria al diseño de la línea de producción se realizarán los análisis económico y financiero para determinar la rentabilidad de la planta.

## 1.6 GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Conformados de varilla:** Son elementos de construcción como columnas, vigas, viguetas, etc., que se utilizan como parte de la estructura de una obra civil o de construcción.

**Figurados de varilla:** Son varillas a las cuales se las ha sometido a un proceso de corte y doblado con la finalidad de obtener elementos para la elaboración de conformados de varilla para la construcción de obras civiles, entre los figurados más utilizados tenemos los estribos, las barras con dobleces en uno o en ambos extremos, entre muchos otros, pues las figuras a obtenerse pueden tener infinidad de geometrías.

**Centro de corte y doblado de varillas:** Planta en la cual se realiza los procesos de corte y doblado de varillas, para la producción de los conformados.

**Informe de Regulación Metropolitana (IRM):** Es un instrumento de información en el que constan datos referentes a un predio, estos son: nombre del propietario, ubicación, superficie y áreas construidas del predio; especificaciones obligatorias para fraccionar el suelo (área de lote y frente mínimo, afectación por vías, ríos, quebradas y otras especiales); especificaciones obligatorias para la construcción de un edificio (altura máxima, el área libre mínima, los retiros obligatorios, los usos); factibilidad de servicios de infraestructura y demás regulaciones que deben observarse cuando el predio se encuentre atravesado por oleoductos o poliductos, acueductos, líneas de alta tensión, o esté ubicado en la zona de protección y conos de aproximación de los aeropuertos.

**Informe de Compatibilidad de Uso de Suelo (ICUS):** Es el instrumento de información básica sobre los usos permitidos o prohibidos para la implantación de usos y actividades en los predios del Distrito Metropolitano de Quito.

**Palanquilla:** Es un producto semiterminado de acero, cuya sección transversal suele ser cuadrada y de superficie menor o igual a  $16900 \text{ mm}^2$ , generalmente vienen en de longitudes entre 3 y 12 m. Se obtiene por colada continua y se utiliza principalmente para fabricar barras o varillas y alambrión en la industria metalmeccánica.

**Barra o varilla corrugada:** Es un producto terminado de acero de sección circular cuyos diámetros van desde los 8 hasta los 32 mm y que tienen resaltes en su superficie exterior los mismos que permiten la adherencia al hormigón en los trabajos de obras de construcción.

**Laminación de varillas:** Proceso mediante el cual se obtiene la varilla corrugada, consiste en recalentar la palanquilla a una temperatura que le permita ser deformada para luego a través del paso por trenes de laminación darle la forma final de la varilla corrugada.

**Ferrita - Perlita:** Se denomina así a la micro-estructura cristalina del acero al carbono que hace que este tenga ductilidad y maleabilidad aceptable.

**Martensita:** Estructura cristalina del acero al carbono que hace que este adquiera propiedades de dureza.

**Fluencia:** Deformación brusca de la probeta de ensayo sin incremento de la carga aplicada, que se puede llegar a producir en un ensayo de tracción.

**Esfuerzo de tracción:** Esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

**Tenacidad:** Es la energía total que absorbe un material antes de alcanzar la rotura o su fraccionamiento.

**Punto de fluencia:** Es el esfuerzo de tensión a partir del cual el material se deforma plásticamente.

**Resistencia a la tracción:** Resistencia máxima de un material sujeto a una carga de tracción. Esfuerzo máximo desarrollado en un material en un ensayo de tracción.

**Estribos:** Varilla corrugada con dobleces que forma diferentes geometrías por ejemplo en forma de L, de U, formas rectangulares, etc. y situados perpendicularmente o en ángulo con respecto a la armadura longitudinal, son empleados para resistir esfuerzos de corte en un elemento estructural.

**Ferralla:** Se denomina de esta manera a las barras de acero corrugado que sirven de refuerzo al hormigón armado.

**Servomotor:** Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de un rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. También se puede decir que es un motor eléctrico con la capacidad de ser controlado, tanto en velocidad como en posición.

**Casquillo o mandril de doblado:** Elemento de doblado que se ubica en el centro del plato de doblado de una dobladora de varillas, se encarga de realizar el doblado de la varilla.

**Lágrimas de doblado:** Elementos en forma de lágrimas (de ahí su nombre) que se utilizan para hacer los dobleces en las varillas, estas también se ubican en el centro del plato de doblado.

**Bulón de doblado:** Elemento de doblado que se ubica en la mesa de doblado y permite realizar los dobleces de varilla en dos sentidos.

**Mandril virtual:** Función de la dobladora de varillas que permite realizar los perfilados con radios de curva muy amplios, evitando la sustitución de lágrimas o mandriles de doblado.

**Albarán:** Documento mercantil que acredita la entrega de un pedido. El receptor de la mercancía debe firmarlo para dar constancia de que la ha recibido correctamente. Dentro de la compraventa, el albarán sirve como prueba documental de la entrega de los bienes.

**Ralentizar:** Hacer lenta una actividad o proceso, o disminuir su velocidad. Hacer más lento el proceso o actividad.

**Cabrestante:** Dispositivo mecánico para la introducción del hilo o varilla en rollos en las máquinas estribadoras o centros multifunción de corte y doblado, consiste en un cable de acero que se enrolla por medio de un motor a un rodillo giratorio y que al ser enganchado al hilo permite introducir los alambres de nuevos rollos de manera muy rápida y sencilla.

**Ojiva:** Elemento que se fija al cable del cabrestante y permite enganchar el hilo o varilla y arrastrarlo desde la bobina hasta el dispositivo de alimentación de la máquina estribadora o centro multifunción de corte y doblado.

**Benchmarking:** Término que proviene de la palabra “*benchmark*” que en inglés significa la acción de tomar un objeto como modelo, por ejemplo una organización o parte de ésta, con el fin de comparar la propia. Benchmarking es un proceso continuo, que se usa en la administración estratégica o

management estratégico, donde se toman como referentes a empresas líderes de cada industria como modelo. Quienes hacen benchmarking determinan primero en que aspectos necesitan crecer y luego detectan la empresa que mejores prácticas realiza en esa área, luego investigan a la compañía y aplican esas prácticas en su organización. El benchmarking estudia a las empresas y utiliza sus mejores prácticas como un estándar comparativo al cual llegar o bien superar.



## **CAPÍTULO 2 ESTUDIO TÉCNICO**

### **2.1 ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE MERCADO PRELIMINAR**

A través del estudio de mercado preliminar se ha logrado dos objetivos en el presente proyecto. El primero es determinar la capacidad de la planta de conformados y el segundo es hacer una adecuada selección de la maquinaria necesaria para la nueva planta.

Para fijar la capacidad de la nueva planta se necesitó realizar una investigación de mercado acerca del consumo de varilla corrugada para la construcción a nivel nacional en toneladas para los últimos 10 años. Se tuvo como fuente de dicha información dos estudios el primero con datos obtenidos de una investigación propia y el segundo realizado por ANDEC, lo cual proporcionó la información necesaria.

En cuanto a la selección de la maquinaria adecuada para la planta de conformados se debió realizar una investigación, en la cual se estableció cuales son los diámetros y las formas más utilizadas por los constructores a nivel nacional para realizar sus obras.

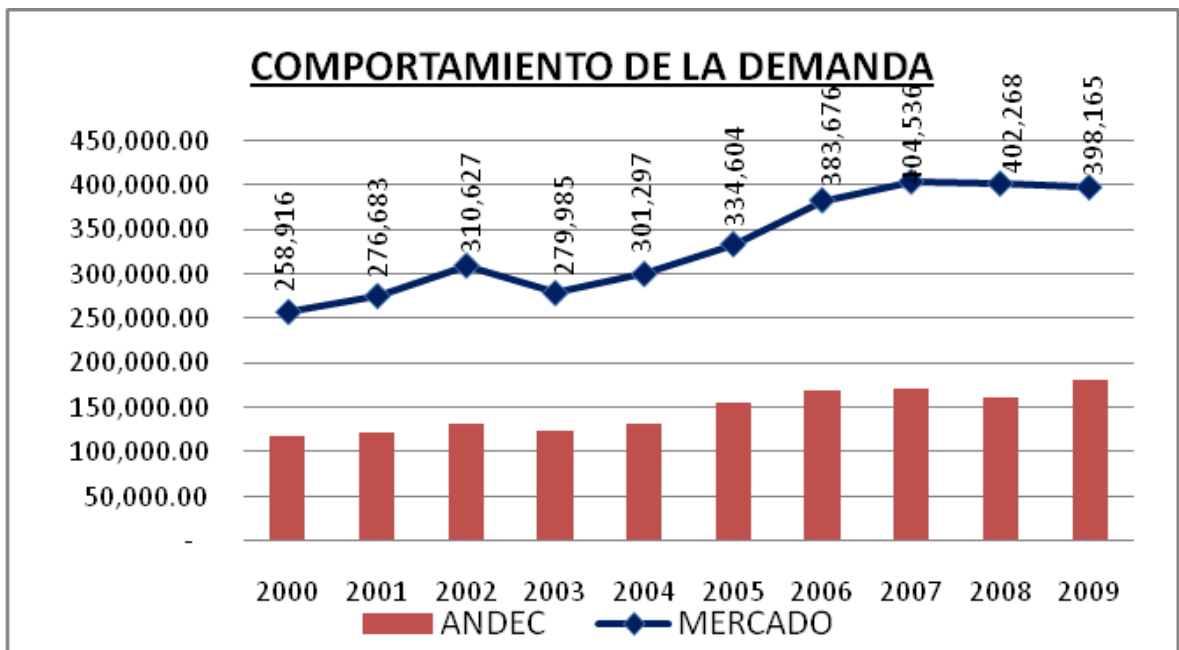
Para definir los diámetros más utilizados se obtuvo información de las ventas por diámetro de las varillas producidas por ANDEC, lo cual nos sirvió para precisar los diámetros más utilizados por los constructores en la actualidad y en qué porcentaje participa cada diámetro en las construcciones.

Para distinguir las formas más utilizadas en las obras de construcción se seleccionaron 20 obras clasificadas de la siguiente forma: 5 edificaciones pequeñas, 5 edificaciones medianas, 5 edificaciones grandes y 5 puentes; en cada una de estas obras se establecieron los porcentajes de participación de las varillas por forma de acuerdo a la siguiente clasificación: barras rectas, barras con dobleces en un solo extremo, barras con dobleces en ambos extremos y estribos y otras figuras geométricas, y se obtuvo un promedio para cada una de estas clasificaciones por medio del cual se concluyó cuáles son las formas más utilizadas y en qué porcentaje participan en las obras.

Utilizando toda la información obtenida a través de las investigaciones se pudo realizar una correcta determinación de la capacidad de la planta y una correcta selección de la maquinaria para la nueva planta de productos de conformados de varilla corrugada para construcción.

## 2.2 DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA

De acuerdo con las investigaciones de mercado realizadas primero por cuenta propia y segundo por ANDEC empresa que también forma parte del grupo Holding Dine S.A. la demanda a nivel nacional de varillas corrugadas para construcción en los últimos 10 años en toneladas es el siguiente:



**Figura 2.1: Demanda de varillas corrugadas para construcción a nivel Nacional y participación de ANDEC en el mercado.**<sup>2.1</sup>

Utilizando esta información y la decisión de la empresa de abarcar un 15% de la demanda del mercado a nivel nacional se procedió a dimensionar la capacidad de la planta. Para esto se promedió el consumo de los últimos 10 años y de esto se calculó el 15%.

<sup>2.1</sup> Información proporcionada por ANDEC.

**Tabla 2.1: Tabla para determinar la capacidad de la planta.**

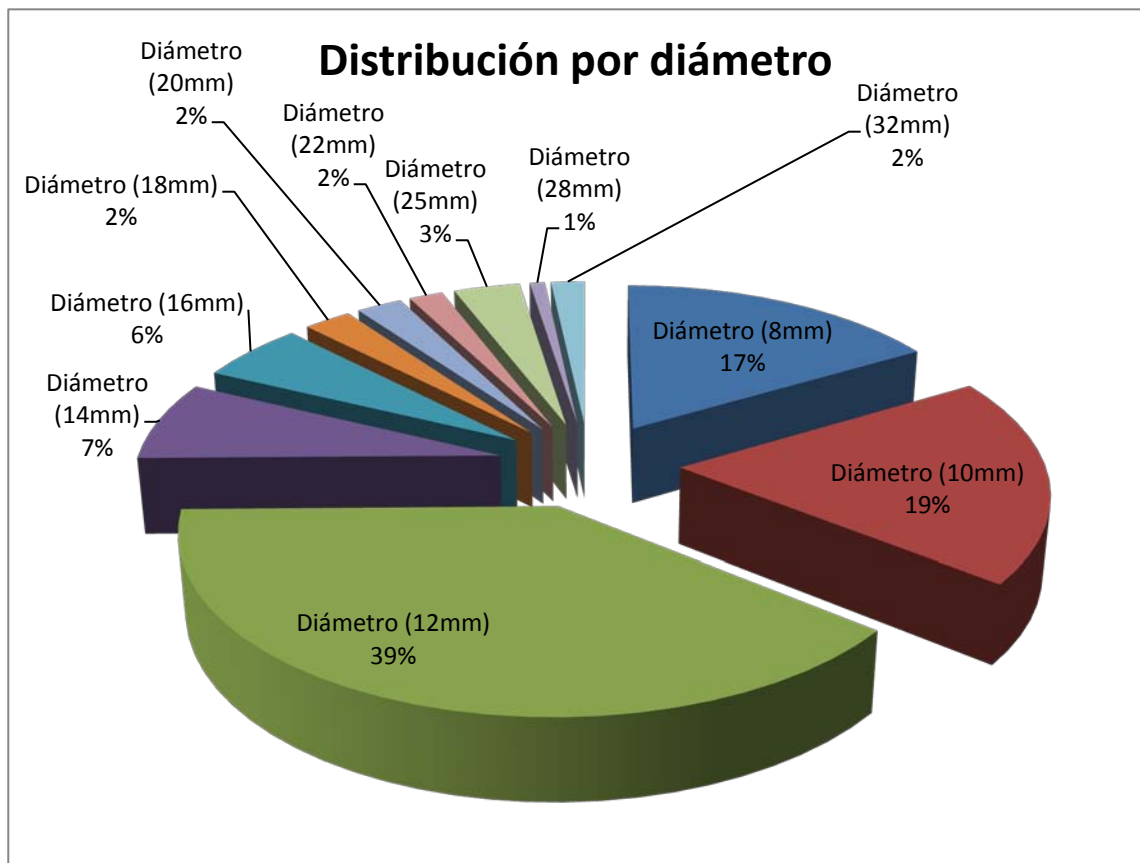
<b>AÑO</b>	<b>DEMANDA (Ton)</b>	
2000	258.916,00	
2001	276.683,00	
2002	310.627,00	
2003	279.985,00	
2004	301.297,00	
2005	334.604,00	
2006	383.676,00	
2007	404.536,00	
2008	402.268,00	
2009	398.165,00	
	<b>PROMEDIO (Ton)</b>	<b>15%</b>
	<b>335.075,70</b>	<b>50.000,00</b>

Elaboración: Roddy Macías

A partir de esta información se definió que la planta arrancará con una capacidad de producción de 50000 toneladas por año.

Una vez establecida la capacidad de la planta, se procedió a especificar los diámetros más utilizados y las formas de varilla más utilizadas en las construcciones a nivel nacional; de esta manera se pudo realizar la selección de la maquinaria más adecuada para la planta.

Los diámetros de varilla más utilizados en la industria de la construcción se precisaron a través del análisis de las ventas a nivel nacional de las varillas que produce ANDEC por diámetro, y se obtuvieron los siguientes porcentajes de participación en las ventas para cada uno de los diámetros:



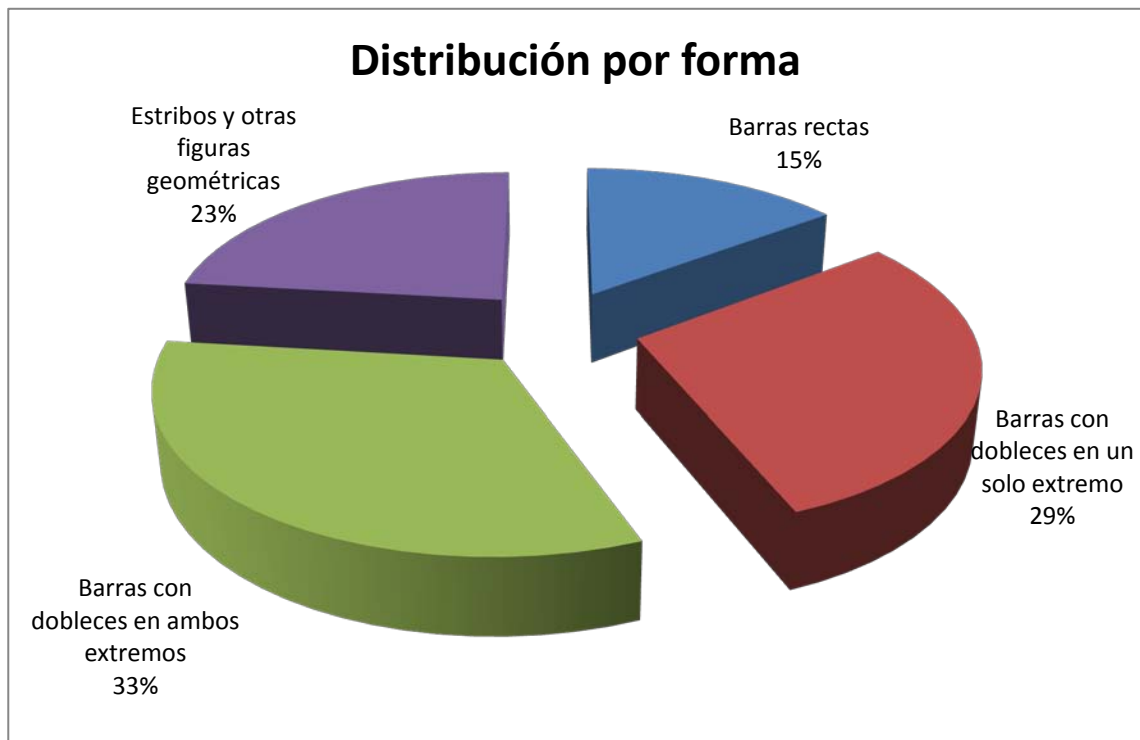
**Figura 2.2 Distribución por diámetro de las ventas de varillas a nivel nacional<sup>2.2</sup>**

Con la información obtenida de este gráfico se puede concluir que el diámetro de varilla más utilizado en las construcciones a nivel nacional es el de 12 mm con un 39% de participación en las obras, luego le siguen los diámetros de 10 mm con un 19% de participación y de 8 mm con un 17% de participación; finalmente los demás diámetros tienen sus respectivos porcentajes de participación en menor proporción.

Para distinguir las formas de las varillas más utilizadas en las obras se realizó un estudio de las formas utilizadas en 20 edificaciones divididas en 4 grupos los cuales son: edificaciones pequeñas, edificaciones medianas, edificaciones grandes y puentes; y se analizaron 4 tipos de formas como son las barras rectas, barras con dobleces en un extremo, barras con dobleces en ambos extremos y estribos y otras figuras geométricas. Al analizar las formas descritas en las edificaciones seleccionadas y haciendo un promedio entre todos los

<sup>2.2</sup> Resumen de ventas por diámetro para el año 2010 ANDEC.

datos obtenidos de las edificaciones se obtuvieron los siguientes porcentajes de participación de cada una de las formas:



**Figura 2.3 Distribución por forma de las varillas utilizadas en las obras a nivel nacional.<sup>2,3</sup>**

A partir de este gráfico se concluyó que las barras con dobleces en ambos extremos son las formas más utilizadas en las obras con un 33% de participación, luego le siguen las barras con dobleces en un extremo con el 29%, los estribos y otras figuras geométricas con un 23% y por último las barras rectas con un 15% de participación.

Una vez realizados los estudios que permitieron determinar la demanda de varillas y los diámetros y formas más utilizadas en la industria de la construcción del Ecuador, se procedió a utilizar esta información en conjunto con información de capacidad de producción, horas de trabajo para la línea de producción, tipo de materia prima, espacio disponible y demás información importante para generar un cuestionario el cual se envió a tres empresas que proveen de maquinaria para conformación de varillas, de tal forma que estas

<sup>2,3</sup> Estudio de formas de varillas en edificaciones a nivel nacional elaborado por Roddy Macías.

empresas envíen sus propuestas con la maquinaria necesaria para la línea de producción. El cuestionario realizado se lo puede apreciar en el ANEXO N° 1 de este capítulo.

Las tres empresas a las cuales se envió el cuestionario son: SCHNELL GROUP, STEMA/PEDAX y MEP GROUP; todas estas empresas fabrican maquinaria para el conformado de varillas corrugadas. Estas empresas son las más reconocidas a nivel mundial en cuanto a producción de máquinas para el conformado de varillas razón por la cual fueron tomadas en cuenta para ser las proveedoras de maquinaria para la línea de producción.

Una vez enviado el cuestionario a las empresas proveedoras de maquinaria estas analizaron la información y enviaron las propuestas correspondientes con la maquinaria necesaria para la línea de producción.

## **2.3 ANÁLISIS DE LA LOCALIZACIÓN**

La localización de la planta se encuentra determinada por el área de terreno propiedad de la empresa Holding Dine S.A.

En esta área de terreno se construirá la planta de conformados de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A., la planta de la División Industrial de la misma empresa y un centro de acopio de varillas de ANDEC.

### **2.3.1 MACRO-LOCALIZACIÓN**

La planta se encontrará ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, en el sector industrial de la parroquia Turubamba.

La materia prima para la planta de conformados es la varilla corrugada para construcción en sus diferentes diámetros, el proveedor de la materia prima será ANDEC empresa perteneciente al grupo empresarial Holding Dine S.A., empresa que fabrica las varillas en la ciudad de Guayaquil y las transporta a un centro de acopio de varillas ubicado a un lado de la planta de conformados.

Los consumidores serán los constructores a nivel nacional que requieran de los productos de conformados de varilla.



Figura 2.4 Macro-localización de la planta con su proveedor y sus consumidores finales.

### 2.3.2 MICRO-LOCALIZACIÓN

La planta estará ubicada en el sector Sur de la ciudad de Quito en la parroquia Turubamba en el sector industrial de esta parroquia.



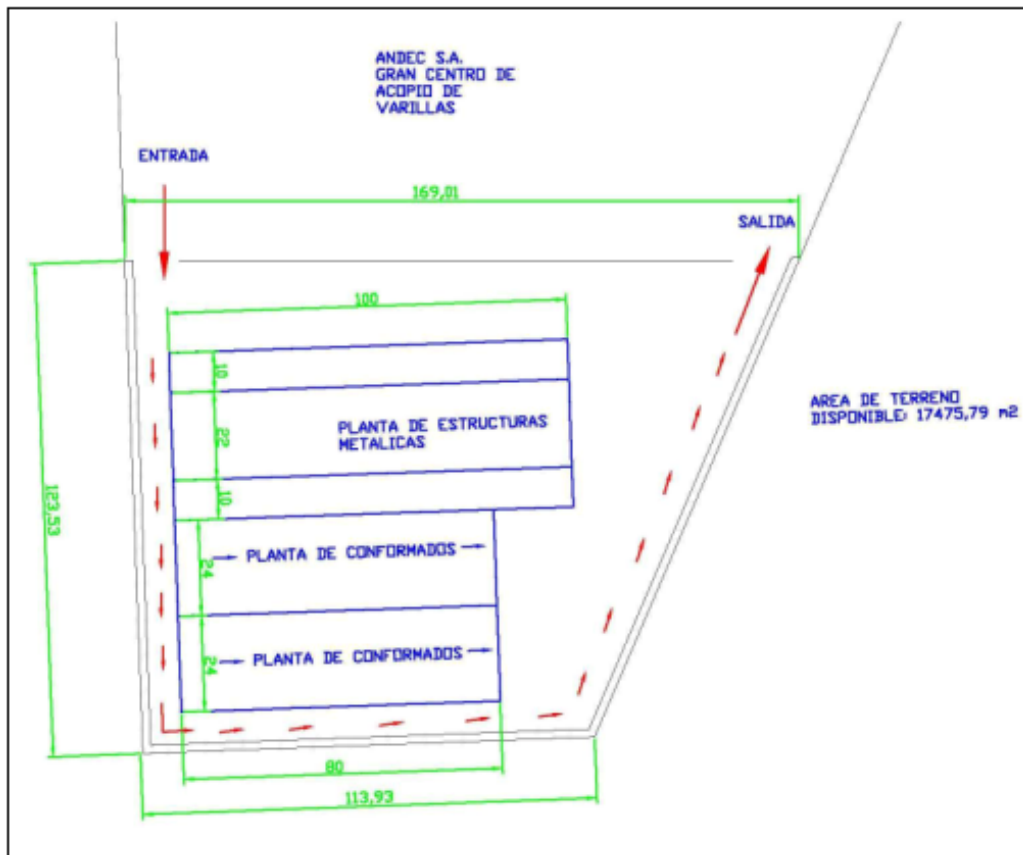
**Figura 2.5 Micro-localización de la planta, planos del terreno, además se aprecia la ubicación del centro de acopio de varillas de ANDEC.<sup>2,4</sup>**

En el plano se aprecia el terreno propiedad de Holding Dine en cuyos límites se ubicarán la planta de conformados, la planta de la división industrial y el centro de acopio de varillas de ANDEC. El centro de acopio se ubicará hacia el norte abarcando la extensión de terreno de mayor tamaño, la planta de conformados y la planta de la división industrial se ubicarán al sur utilizando una extensión de terreno un poco menor.

<sup>2,4</sup> Planos proporcionados por ANDEC.



### 2.3.2.1 Área disponible de terreno



**Figura 2.6 Área disponible para la planta de conformados y planta de la división industrial**

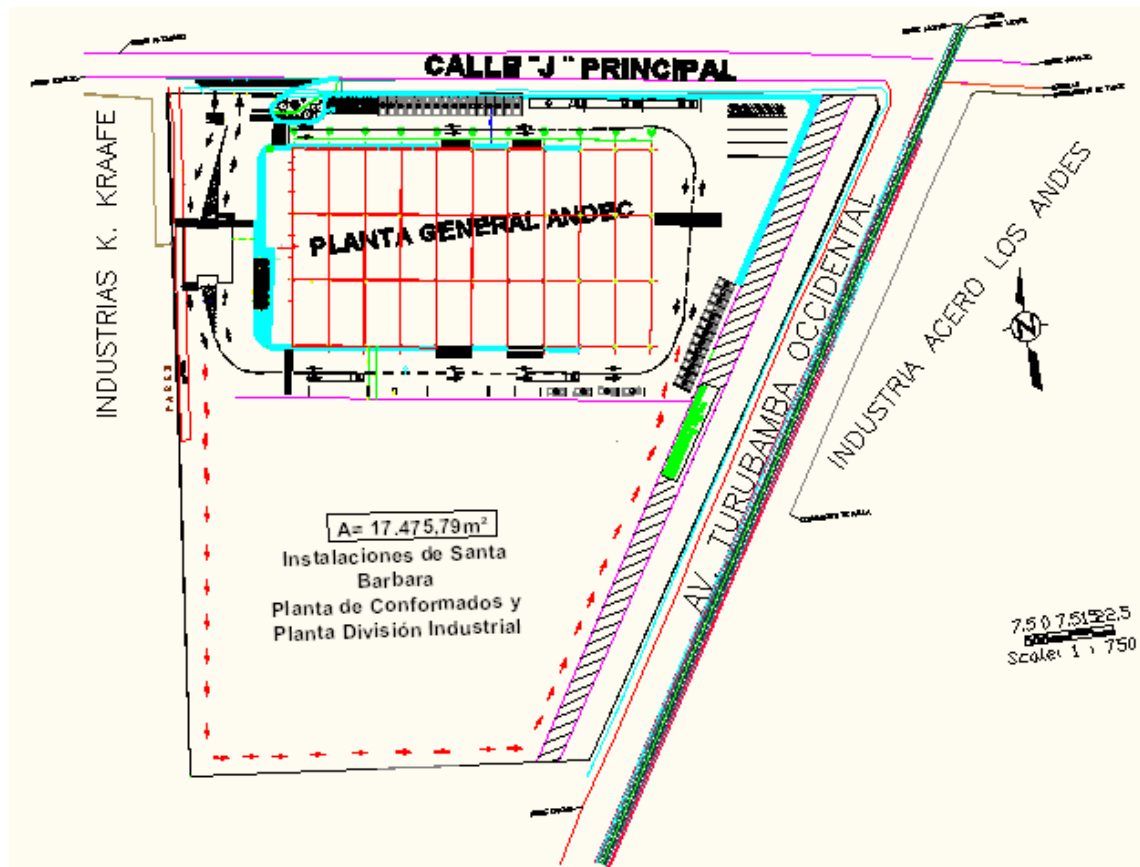
El área de terreno disponible es de 17475,79 m<sup>2</sup> dentro de esta área se construirán los galpones para la planta de conformados y el galpón para la planta de estructuras metálicas de la división industrial de la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. También se deberá construir dentro de esta área las vías de acceso y de despacho y toda la infraestructura que se requiere para el normal funcionamiento de la planta.

### 2.3.2.2 Vías de acceso

El acceso a la planta de conformados se hará a través de la Calle J, siendo la entrada la misma que se utilizará para el centro de acopio de la empresa ANDEC; a través de una vía interna se podrá llegar a la planta de conformados.

Además de la Calle J existe la Avenida Turubamba Occidental por medio de la cual se podrá llegar a la entrada de la planta de conformados.

En la Figura 2.7 se aprecia las vías de acceso externas e internas de la planta de conformados.



**Figura 2.7 Vías de acceso externas e internas de la planta de conformados<sup>2.5</sup>**

### **2.3.2.3 Fuentes de abastecimiento eléctrico**

La nueva planta de conformados se abastecerá de electricidad a través de las líneas de alta tensión ubicadas a lo largo de la Calle J.

### **2.3.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua**

La planta de conformados se abastecerá de agua por medio de la línea principal de agua potable la cual se extiende a lo largo de la calle J.

<sup>2.5</sup> Plano proporcionado por ANDEC.

### **2.3.2.5 Ordenanzas municipales**

Las ordenanzas municipales se refieren a las normas que los propietarios de los predios o terrenos deben cumplir con la finalidad de que sus proyectos de construcción sean aprobados por la Municipalidad correspondiente.

La Ordenanza Municipal que regulará todos los aspectos referentes a la construcción de la Planta de Conformados es la Ordenanza Metropolitana N° 0255 llamada “LA ORDENANZA METROPOLITANA DE RÉGIMEN DE SUELO PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO” cuyo texto se lo puede encontrar en el ANEXO N° 2.

Dentro de las normas o regulaciones de la ordenanza se debe cumplir con dos informes los cuales son los instrumentos de información básicos para la habilitación del suelo y la edificación estos informes son: INFORME DE REGULACIÓN METROPOLITANA (IRM), INFORME DE COMPATIBILIDAD DE USO DE SUELO (ICUS). Una vez realizados, validados y emitidos favorablemente estos informes, es posible la construcción de la Planta de Conformados en el terreno designado para dicho fin. Dentro de la planta se encuentra la Línea de Producción de Conformados de Varilla Corrugada para la Construcción la cual es el objeto de la presente tesis.

El Informe de Regulación Metropolitana (IRM) con todos sus datos se lo puede observar en el ANEXO N° 3.

El Informe de Compatibilidad de Uso de Suelo (ICUS), con la información correspondiente, se lo puede apreciar en el ANEXO N° 4.

## **CAPÍTULO 3 INGENIERÍA CONCEPTUAL DEL PROYECTO**

### **3.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO**

Existen tres productos que se obtendrán de la Línea de Producción de Conformados de Varilla de Construcción la cual es objeto de este proyecto de tesis, estos son: Barras rectas cortadas a medida, barras con dobleces en uno o ambos extremos y los estribos u otras figuras geométricas. Estos productos serán obtenidos a partir de varillas rectas corrugadas soldables para construcción las cuales se proveen en longitudes de 6 m, 9 m o 12 m, y de rollos o bobinas de varillas corrugadas, estas dos presentaciones de la varilla son la materia prima a ser utilizada.

Para tener una idea clara de la materia prima a utilizarse y de los productos terminados obtenidos luego de los procesos de producción, se realizará la caracterización de la materia prima y de los productos terminados.

#### **3.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

Existen dos tipos de materia prima para la línea de producción la primera es la varilla corrugada recta soldable de 6 m, 9 m y 12 m de longitud y la segunda son los rollos de varilla corrugada. Estas materias primas se obtendrán a través de nuestro proveedor ANDEC cuyo centro de acopio de varillas corrugadas estará ubicado al lado de la planta de conformados. Las características de las varillas corrugadas rectas soldables y de los rollos corrugados se las especifica a continuación:

##### **3.1.1.1 Varilla corrugada soldable ANDEC**

La varilla soldable ANDEC es una barra de acero de baja aleación que cumple con las exigencias de calidad para los países de alto riesgo sísmico. Sus propiedades de adherencia, ductibilidad y tenacidad garantizan estructuralmente el diseño sismo resistente.

ANDEC produce la palanquilla de la cual se obtiene la varilla corrugada soldable de acuerdo a requerimientos específicos para laminación de la varilla de acero al carbono, un producto de óptima calidad cuyo proceso posee la certificación ISO 9001:2000 al Sistema de Gestión de Calidad.

#### 3.1.1.1.1 Propiedades de la varilla corrugada

##### 1. Adherencia

Los resaltes bien definidos brindan mayor adherencia entre las armaduras de acero y el hormigón.

##### 2. Fluencia

Excelente fluencia, por ser la fluencia controlada y mantenida durante más tiempo en un esfuerzo de tracción. Permite mayor resistencia a los movimientos sísmicos.

**Tabla 3.1 Límites de fluencia de la varilla ANDEC<sup>3.1</sup>**

<b>Fluencia mínima</b>	<b>4200 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Fluencia máxima</b>	<b>5500 kg/cm<sup>2</sup></b>

Elaboración: Roddy Macías.

##### 3. Resistencia a la tracción

La configuración de su núcleo en Ferrita-Perlita y la dureza de la Martensita en su capa exterior mejoran las respuestas mecánicas e incrementan la tenacidad de la varilla.



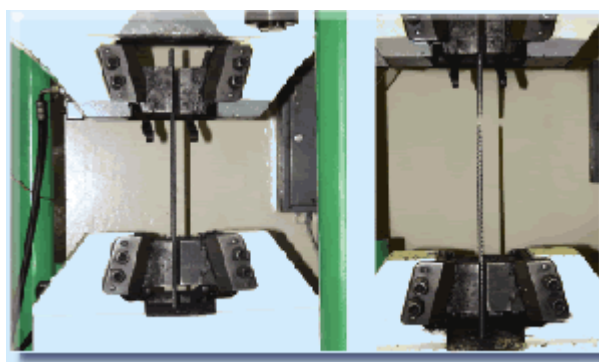
**Figura 3.1 Núcleo y capa externa de la varilla ANDEC<sup>3.2</sup>**

<sup>3.1</sup> Datos proporcionados por ANDEC.

<sup>3.2</sup> Figura extraída del catalogo de productos de la página web de ANDEC.

La varilla ANDEC es sometida a un enfriamiento brusco controlado por agua durante su paso por la línea de laminación. El enfriamiento gradual en el interior de la varilla hace que el núcleo de la varilla permanezca caliente y se conforme la Ferrita-Perlita, mientras la capa externa se convierte en Martensita al enfriarse rápidamente a mayor velocidad. Este sistema mejora las cualidades de resistencia, desgaste, adherencia y ductibilidad.

Para comprobar su resistencia a la tracción la varilla corrugada soldable ANDEC se somete a un ensayo de tracción, de esta manera se obtienen las propiedades mecánicas de la varilla.



**Figura 3.2 Ensayo de tracción de la varilla corrugada soldable ANDEC<sup>3.3</sup>.**

Las propiedades mecánicas resultantes del ensayo de esfuerzo a tracción se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 3.2 Propiedades mecánicas de la varilla corrugada soldable ANDEC<sup>3.4</sup>.**

PROPIEDADES MECÁNICA			
Grado de Acero	Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Alargamiento
A-42 de tracción controlada	4200 (min)	5600 (min)	diámetro (mm) %
	5500 (max)		8-20 14
			22-36 12
			40 10

Elaboración: ANDEC.

<sup>3.3</sup> Figura extraída de la página web de ANDEC.

<sup>3.4</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.

#### 4. Comparación Varilla Soldable vs Varilla Tradicional

Los resaltes bien definidos brindan mayor adherencia entre las armaduras de acero y el hormigón.

Las varillas corrugadas soldables brindan mayores ventajas que las varillas tradicionales debido a su constitución y propiedades, a continuación se presentan las diferencias existentes entre estos dos tipos de varillas corrugadas:

**Tabla 3.3 Diferencias entre varilla corrugada tradicional y varilla corrugada soldable ANDEC<sup>3.5</sup>.**

<b>Caraterísticas</b>	<b>Varillas con Resaltes de acero Tradicional</b>	<b>Varillas con Resaltes de acero Soldable</b>
Se producen bajo norma	INEN-102 ASTM A-615	INEN-2167 ASTM A-706
Tolerancia masa	+/- 6%	+/- 6%
Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Min.4200	Min.4200 Max.5500
Resistencia a la Rótula	Min.6300	Min.5600
Alargamiento(%)	Min.15 (Lo=5 Diámetro)	8-20 mm=14% 22-36 mm=12% (Lo=200mm)
Soldabilidad	No se garantiza la soldabilidad	Garantizamos soldabilidad
Ductibilidad	Material Dúctil	Excelente ductibilidad admiten mayor dolez con menor esfuerzo.
Flexibilidad	Poco flexible	Mayor flexibilidad
Propiedades Mecánicas	Buenas propiedades mecánicas.	Excelente, por ser la fluencia controlada y mantenida durante más tiempo en un esfuerzo de tracción. Permite mayor resistencia a los movimientos sísmicos.
Tipos de electrodos		E-6011 E-7018

Elaboración: ANDEC.

<sup>3.5</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.

Como ya se dijo anteriormente una de las materias primas entrantes a la línea de producción es la varilla corrugada soldable, la cual se produce bajo la norma NTE INEN 2167 la misma que puede ser apreciada en el ANEXO N° 5.

#### 5. Dimensiones nominales y formas de entrega

La varilla con resaltes de acero soldable se entrega en las dimensiones y pesos descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 3.4 Dimensiones y pesos de la varilla corrugada soldable ANDEC<sup>3.6</sup>.**

<b>DIMENSIONES NOMINALES</b>						
Diámetro (mm)	Peso nominal (kg/m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Perímetro (mm)	Peso por varilla (kg)		
				6m	9m	12m
8	0,395	50,3	25,13	2,370	3,555	14,740
10	0,617	78,5	31,42	3,702	5,553	7,404
12	0,888	113,0	37,70	5,328	7,992	10,656
14	1,208	154,0	43,98	7,248	10,872	14,496
16	1,578	201,0	50,26	9,468	14,202	18,936
18	1,998	254,0	56,55	11,988	17,982	23,976
20	2,466	314,0	62,83	14,796	22,194	29,592
22	2,984	380,0	69,11	17,904	26,856	35,808
25	3,853	491,0	78,54	23,118	34,677	46,236
28	4,834	616,0	87,96	29,004	43,506	58,008
32	6,313	804,0	100,53	37,878	56,817	75,756

Elaboración: ANDEC.

Además las varillas corrugadas soldables se entregarán al área de almacenamiento de materia prima de la línea de producción en cualquiera de las formas descritas en la siguiente tabla:

<sup>3.6</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.



**Tabla 3.5 Formas de entrega y embalaje de las varillas corrugadas soldables ANDEC<sup>3.7</sup>.**

<b>FORMAS DE ENTREGA Y EMBALAJE</b>				
Diámetro (mm)	Longitud (m)	Forma de entrega	Peso (t)	Tipo
8	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
10	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
12	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
14	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
16	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
18	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
20	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
22	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
25	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
28	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
32	6-9-12	barras	pqt.2,5	corrugado
Grado de acero-A-42 de tracción controlada				

Elaboración: ANDEC.

Las tolerancias dimensionales y de masa de las varillas corrugadas soldables luego de su producción se especifican a continuación:

**Tabla 3.6 Tolerancias dimensionales y de masa de la varilla corrugada soldable ANDEC<sup>3.8</sup>.**

<b>TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE MASA</b>			
Diámetro Nominal	Longitud (mm)	Masa %	
		Individual	Lote
8 -10-12-14	+50	+6	+1
16-18-20-22			
25-28-32			

Elaboración: ANDEC

<sup>3.7</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.

<sup>3.8</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.

Todas estas características descritas de la varilla corrugada soldable permiten su transformación posterior en productos de conformado gracias a sus propiedades mecánicas y físicas que la hace una excelente materia prima para el conformado en la línea de producción.

### **3.1.1.2 Rollos corrugados ANDEC.**

Los rollos corrugados ANDEC son bobinados de acero con resaltes que brindan una excelente adherencia al concreto, además poseen muy buenas propiedades físicas, químicas y mecánicas, lo que hace de estos productos de excepcional calidad para su posterior procesamiento en barras rectas, barras con dobleces o estribos.

En su forma son muy parecidos al alambión pero se diferencian de estos últimos debido a que cuenta con resaltes que son de las mismas dimensiones de los resaltes que poseen las varillas de acero soldable en barras.

Este producto todavía no cuenta con una presentación formal en los catálogos de productos de ANDEC, sin embargo se fabrican bajo norma NTE INEN 102 que puede ser apreciada en el ANEXO N° 6, los rollos deben cumplir con las especificaciones de esta norma para que puedan ser comercializados. De esta norma se obtienen las propiedades y especificaciones de los rollos.

#### **3.1.1.2.1 Propiedades y especificaciones del rollo corrugado.**

##### **1. Límite a la fluencia y resistencia a la tracción**

Al ser sometido muestras del rollo a ensayos de tracción, los valores de fluencia, resistencia a la tracción y alargamiento porcentual de las muestras produjeron los valores que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3.7 Propiedades mecánicas del rollo corrugado ANDEC<sup>3.9</sup>.**

PROPIEDADES MECANICAS			
Grado de Acero	Fluencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Alargamiento
A-42	4200 (min)	6300 (min)	15% (min)

Elaboración: Roddy Macías

## 2. Adherencia.

Los resaltes elaborados bajo norma y bien definidos aumentan la adherencia entre la estructura de acero y el hormigón lo que asegura una obra de calidad.

## 3. Dimensiones nominales y forma de entrega

Los rollos corrugados ANDEC vienen solamente en diámetros de 8 mm, 10 mm y 12 mm y poseen los pesos por cada metro que se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 3.8 Pesos por metro de rollo corrugado ANDEC<sup>3.10</sup>.**

PESO POR METRO DE ROLLO CORRUGADO	
Diámetro Nominal (mm)	Masa (kg/m)
8	0,395
10	0,617
12	0,888

Elaboración: Roddy Macías.

Además los rollos corrugados que se entregarán como materia prima para la línea de producción vienen en las siguientes presentaciones:

<sup>3.9</sup> Fuente Norma Ecuatoriana NTE INEN 102.

<sup>3.10</sup> Fuente Norma Ecuatoriana NTE INEN 102.

**Tabla 3.9 Formas de entrega de los rollos corrugados<sup>3.11</sup>.**

FORMAS DE ENTREGA DE ROLLOS CORRUGADOS			
Diámetro (mm)	Forma de entrega	Peso (kg)	Tipo
8	rollos	500	corrugado
10	rollos	500	corrugado
12	rollos	500	corrugado

Elaboración: Roddy Macías.

Las tolerancias de masa de acuerdo a la norma se refieren a las permitidas para una unidad de muestra de 1 m de longitud y debe cumplir con lo especificado en la siguiente tabla:

**Tabla 3.10 Tolerancia de masa para el rollo corrugado<sup>3.12</sup>.**

TOLERANCIA DE MASA ROLLO CORRUGADO	
Diámetro Nominal (mm)	Tolerancia en masa (%)
8	± 6
10	
12	

Elaboración: Roddy Macías.

Las propiedades y especificaciones de los rollos corrugados aseguran que estos son materia prima de excelentes condiciones para el posterior procesado en los diferentes conformados.

### **3.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS**

Como resultado de los procesos dentro de la línea de producción se obtienen tres productos claramente identificados estos son: las barras rectas cortadas a medida, las barras con dobleces en uno o en ambos extremos y los estribos u otras figuras geométricas.

<sup>3.11</sup> Información proporcionada por ANDEC.

<sup>3.12</sup> Fuente Norma Ecuatoriana NTE INEN 102.

Cada uno de estos productos tiene sus características específicas las cuales se describirán a continuación para ayudar a identificar cuáles serán los procesos a realizarse dentro de la línea de producción.

#### **3.1.2.1 Barras rectas cortadas a medida**

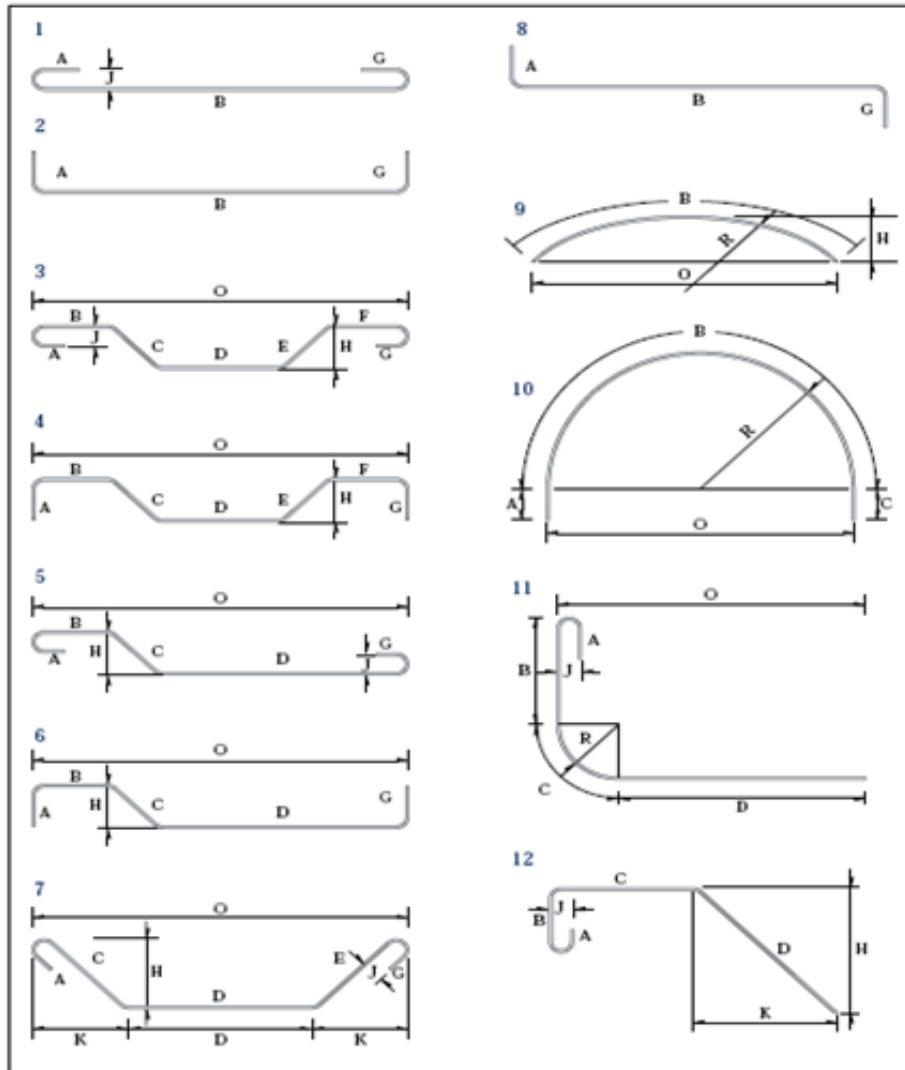
Son varillas corrugadas de diversos diámetros las cuales han sido cortadas a una longitud especificada por el cliente para satisfacer sus necesidades.

Estas varillas pueden ser de cualquiera de los diámetros especificados en la caracterización de la materia prima y pueden tener cualquier longitud que requiera el cliente.

#### **3.1.2.2 Barras con dobleces en uno o en ambos extremos**

Son varillas corrugadas de grandes o medianas longitudes y diversos diámetros que tienen dobleces en uno o en ambos de sus extremos.

Las varillas pueden tener una gran variedad de formas como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3.3 Formas típicas de barras dobladas en uno o ambos extremos<sup>3.13</sup>.**

Como se muestra en la figura estas son algunas de las formas utilizadas en las construcciones a nivel nacional y son ejemplos de productos finales de nuestra línea de producción de conformados de varilla.

Es importante entonces definir cuáles serán los diámetros de doblez mínimos de tal forma que no se produzcan grietas internas, externas o fisuras en la varilla corrugada una vez que esta haya sido doblada. Para este fin se realiza un ensayo de doblado el cual nos especifica el diámetro mínimo de doblado para cada uno de los diámetros de varilla existentes.

<sup>3.13</sup> Figura extraída de CD de presentación de los productos de varilla ofrecidos por UNIFER.

### 3.1.2.2.1 Ensayo de doblado para varillas corrugadas.

La composición química y las propiedades mecánicas de resistencia y fluencia le permiten a la varilla corrugada ANDEC ser sometida a los más estrictos controles de calidad como el Ensayo de Doblado.

Para realizar el ensayo las varillas son colocadas en la máquina de doblado según Norma NTE INEN 2167 (ANEXO N° 5), para un ensayo de doblado a 180 grados, el mismo que pone a prueba la ductibilidad de las varillas de acero ANDEC, al soportar un doblado extremo sin que lleguen a fracturarse.



**Figura 3.4 Máquina de doblado y colocación de la varilla para realizar el ensayo de doblado a 180° <sup>3.14</sup>.**

Se debe tomar en consideración las siguientes recomendaciones para realizar un ensayo de doblado con éxito:

- Realizar el doblado a temperatura ambiente.
- Observar que los resaltes transversales de la varilla queden siempre frente al operario, en la mesa de doblado.

---

<sup>3.14</sup> Figura extraída de la página web de ANDEC.

- Colocar la barra de doblado o “perro” sobre el resalte longitudinal de la varilla (permite el escurrimiento libre del material), y luego proceder al doblado.

Para evitar que se produzcan fisuras o la fractura de la varilla el diámetro mínimo de doblado para las varillas corrugadas ANDEC en sus diferentes diámetros debe cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla:

**Tabla 3.11 Diámetro mínimo de doblado para varillas corrugadas ANDEC<sup>3.15</sup>.**

<b>Diámetro de la Varilla (mm)</b>	<b>Diámetro mínimo de Doblado (mm)</b>
8	(3) 24
10	(3) 30
12	(3) 36
14	(3) 42
16	(3) 48
18	(3) 54
20	(4) 80
22	(4) 88
25	(4) 100
28	(6) 168
32	(6) 192

Elaboración: ANDEC.

Se puede observar en la tabla que el diámetro de doblado mínimo para una varilla de diámetro 8 mm es de 3 veces el diámetro de la varilla es decir el diámetro mínimo de doblado es de 24 mm, el número en paréntesis indica el número de veces que el diámetro de la varilla debe sumarse para obtener como resultado el diámetro mínimo de doblado. A continuación se puede observar los requisitos del ensayo de doblado de las varillas en frío:

<sup>3.15</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.



**Tabla 3.12 Requisitos del ensayo de doblado de varillas en frío<sup>3.16</sup>.**

<b>REQUISITOS DEL ENSAYO DE DOBLADO EN FRÍO</b>	
<b>(d) Diámetro Nominal de las Varillas (mm)</b>	<b>Diámetro del mandril</b>
8-18	3d
20-25	4d
28-32	6d
36-40	8d

Elaboración: ANDEC.

En resumen el diámetro mínimo de doblado para varillas de 8 a 18 mm es de tres veces el diámetro de la varilla, para varillas de 20 a 25 mm el diámetro mínimo de doblado es de 4 veces el diámetro de la varilla y para varillas de 28 y 32 mm el diámetro mínimo de doblado es de 6 veces el diámetro de la varilla, por último para diámetros de 36 a 40 mm el diámetro mínimo de doblado para la varilla es de 8 veces el diámetro de la varilla.

Los diámetros de los dobleces realizados en las barras no deben ser menores a los diámetros de doblado mínimo para evitar productos terminados que no satisfagan las necesidades y demandas de los clientes.

#### 3.1.2.2.2 Ensayo de doblado para rollos corrugados.

Las probetas obtenidas de los rollos se someten a un ensayo de doblez a 180° a la temperatura ambiente. Las probetas, luego del ensayo, no deben presentar agrietamiento en el lado exterior del doblez.

El diámetro de los mandriles para realizar el ensayo de doblado se establece según la siguiente tabla:

<sup>3.16</sup> Tabla extraída de la página web de ANDEC.

**Tabla 3.13 Requisitos del ensayo para rollos en frío<sup>3.17</sup>.**

ENSAYO DE DOBLADO a 180° PARA ROLLOS CORRUGADOS	
(d) Diámetro Nominal de las Varillas (mm)	Diámetro del mandril de doblado (mm)
d ≤ 14	3,5d
16 ≤ d ≤ 22	5d
25 ≤ d ≤ 32	7d

Elaboración: Roddy Macías.

### 3.1.2.3 Estribos y otras figuras geométricas

Son varillas corrugadas que serán dobladas de tal forma que formen estribos y otras figuras geométricas que requieran los constructores para sus obras.

Los estribos son generalmente formas cerradas de varilla que sirven para armar columnas y vigas en la construcción de edificaciones o en obras civiles estos estribos pueden tener una infinidad de formas, así mismo se pueden obtener de los procesos de la línea de producción una gran cantidad de formas abiertas o cerradas y de gran variedad de dimensiones que cumplan con las especificaciones de los clientes.

Los diámetros de doblado para la elaboración de los estribos y otras figuras geométricas no deben ser menores a los diámetros mínimos de doblado para las varillas corrugadas ANDEC, de esta manera se asegura un producto de gran calidad para el cliente.

A continuación se pueden apreciar algunos ejemplos de estribos y otras figuras geométricas que pueden ser obtenidos de la línea de producción:

<sup>3.17</sup> Fuente Norma Ecuatoriana NTE INEN 102

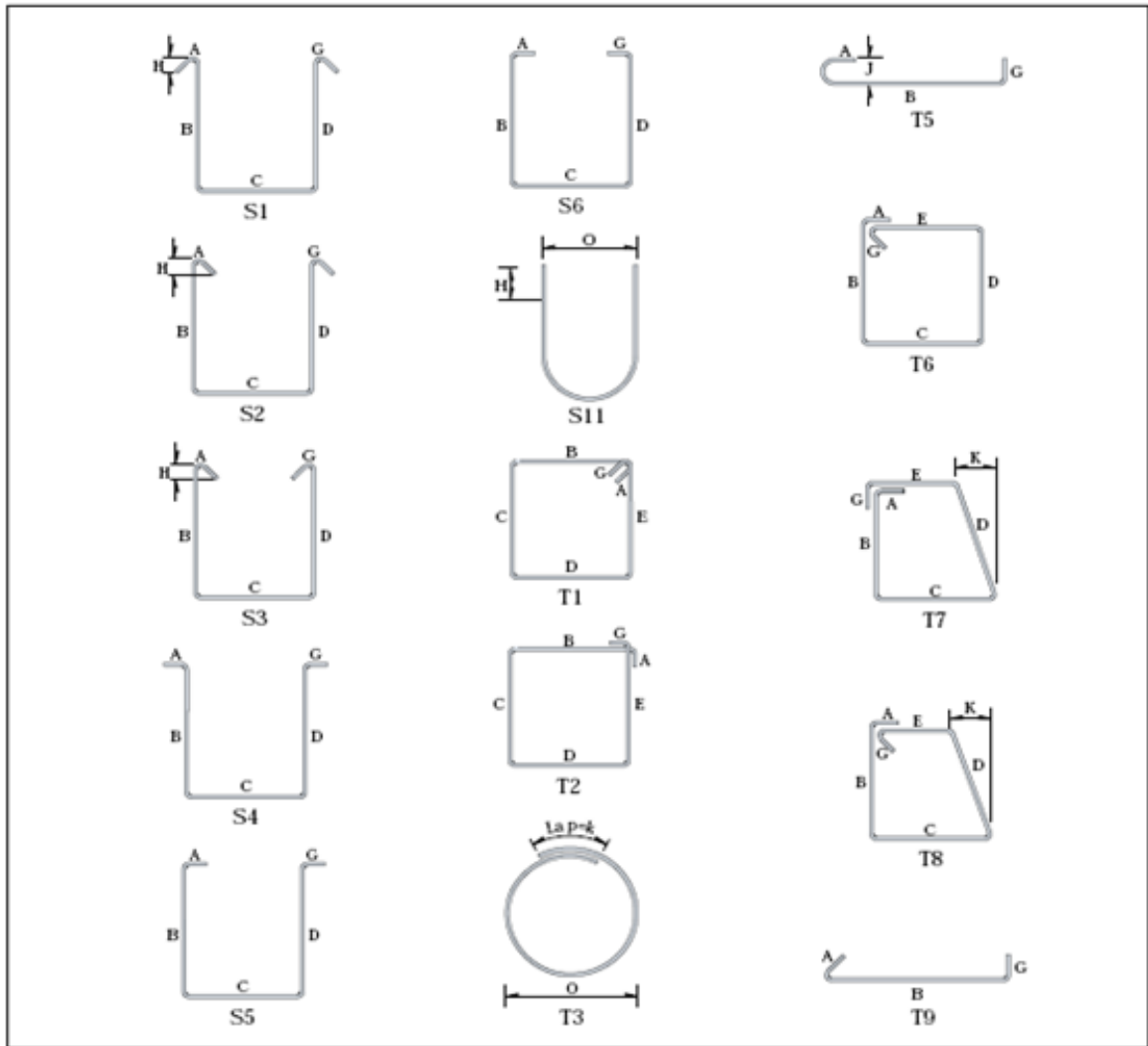


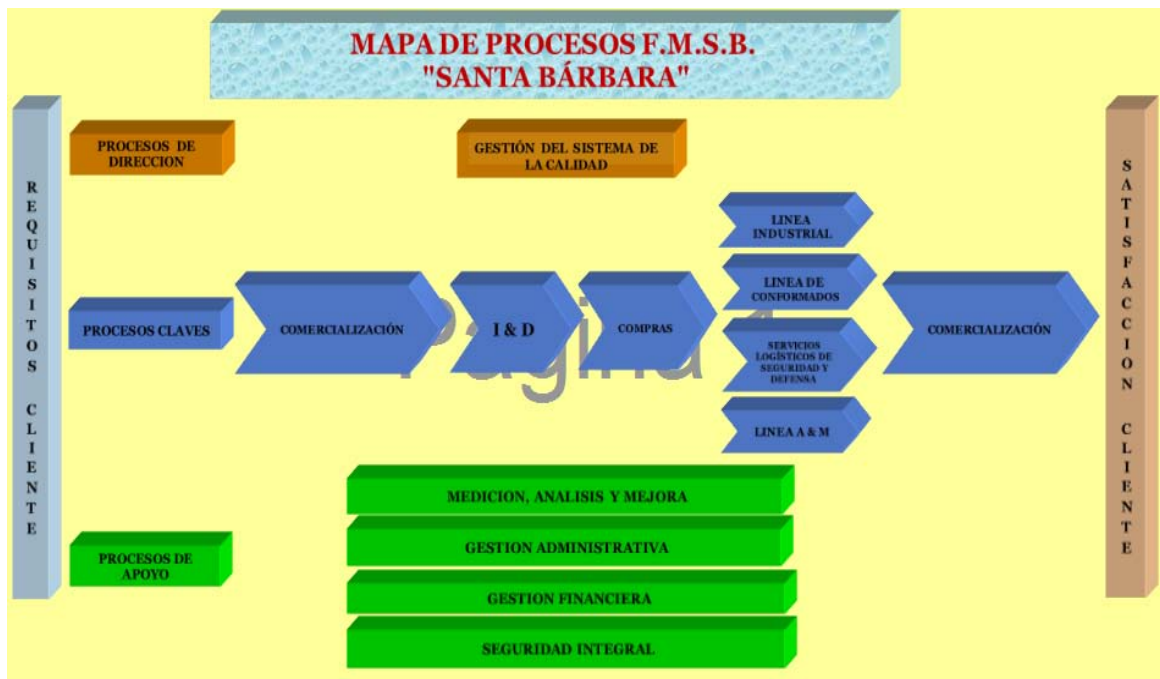
Figura 3.5 Formas típicas de estribos y otras figuras geométricas<sup>3.18</sup>.

## 3.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO

### 3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS

Los procesos identificados en la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. se presentan en un mapa de procesos, el cual organiza los procesos empresariales con la finalidad de mostrar las relaciones existentes entre ellos y la forma de organizar los mismos dentro de la empresa. A continuación se puede observar el Mapa de Procesos de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.

<sup>3.18</sup> Figura extraída de CD de presentación de los productos de varilla ofrecidos por UNIFER.



**Figura 3.6 Diagrama de procesos de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.<sup>3.19</sup>**

Dentro del diagrama se identifican tres tipos de procesos:

Los primeros son los llamados procesos de dirección o procesos estratégicos que son aquellos procesos de planificación, estrategia y control.

Los segundos se denominan procesos claves o cadena de valor los cuales son procesos que sirven para obtener el producto o servicio que se entrega al cliente mediante la transformación física de recursos; estos procesos están orientados al cliente de manera que se cumplan con los requisitos del cliente y se logre la satisfacción del cliente.

Por último se identifican los procesos de apoyo o soporte que son aquellos que tienen como misión contribuir a mejorar la eficacia de la cadena de valor.

### **3.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CONFORMADOS DE VARILLA.**

Dentro de la cadena de valor se encuentra la línea de conformados la cual forma parte de las líneas productivas de la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A., esta línea se encargará de la producción de los conformados de varilla

<sup>3.19</sup> Fuente F.M.S.B. Santa Bárbara S.A.

corrugada para construcción los cuales son de tres tipos: las barras rectas cortadas a medida, las barras con dobleces en uno o en ambos extremos y los estribos y otras figuras geométricas.

Para comprender como funciona el proceso de producción de la línea de conformados se ha realizado la caracterización del mismo, de tal manera que se identifiquen los proveedores del proceso, las entradas; los procesos, subprocesos y controles; las salidas, los clientes, los recursos utilizados, los indicadores y los documentos y anexos que forman parte del proceso de producción de la línea de conformados. Al identificar todos estos elementos se tiene una idea clara del proceso de producción de la línea de conformados y sus características.

En el ANEXO N° 7 se puede apreciar la caracterización del proceso de producción de la línea de conformados.

# CAPÍTULO 4 INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO

## 4.1 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

### 4.1.1 EVALUACIÓN DE EQUIPOS.

Para realizar la selección de la maquinaria que formará parte de la línea de producción de conformados de varilla de construcción, se decidió realizar el análisis de 7 variables comparativas entre las tres empresas que ofertaron la maquinaria y ofrecieron su asistencia para la realización del proyecto.

Cada empresa envió su propuesta para ser analizada, en el ANEXO N° 8 se puede apreciar la propuesta enviada por la empresa SCHNELL GROUP, esta propuesta consta de una oferta de maquinaria, una oferta de software para optimización de la producción y un plano con vista de planta de la fábrica. En el ANEXO N° 9 se aprecia la propuesta de la empresa MEP GROUP, la misma que consta de la oferta y el plano con vista de planta. Finalmente en el ANEXO N° 10 se presenta la propuesta hecha por la empresa STEMA/PEDAX la que consta también de oferta y plano con vista de planta.

Una vez recibida la información de las empresas proveedoras de la maquinaria se procedió a analizar las propuestas para determinar cuál de estas satisface de mejor manera las necesidades de la línea de producción. Para esto se establecieron las 7 variables comparativas y se procedió a compararlas analizando cada una de ellas en las tres empresas.

En el ANEXO N° 11 se puede apreciar la Matriz de Decisión mediante la cual se seleccionó a la empresa proveedora de la maquinaria para la línea de producción.

En esta matriz se evaluó, en cada una de las tres empresas proveedoras de la maquinaria, las siguientes 7 variables:

1. Consumo de Energía.
2. Precio de la Maquinaria.

3. Calidad en Servicio.
4. Variedad de Productos.
5. Consideraciones Ambientales.
6. Flujo de Procesos (facilidad de fabricación).
7. Productividad.

Para cada una de estas variables se establecieron parámetros de ponderación y de acuerdo a estos parámetros se asignaron las puntuaciones para cada una de las empresas proveedoras. Se da a conocer que, donde no se facilitó la información requerida por parte de las empresas proveedoras se dio la puntuación de 0 para dicha variable.

A continuación se describe cada uno de los parámetros de ponderación considerados en cada variable comparativa.

1. CONSUMO DE ENERGÍA: Se consideraron 3 parámetros de ponderación como se describe a continuación:

- **Alto:** ponderación igual a 1.
- **Medio:** ponderación igual a 2.
- **Bajo:** ponderación igual a 3.

Como se puede apreciar el puntaje más alto en la ponderación es asignado a la línea de producción de menor consumo de energía ya que esta condición es favorable para la empresa, la cual deberá pagar una menor cantidad de dinero por concepto de consumo de energía.

En la propuesta solicitada a cada una de las empresas proveedoras de la maquinaria se pidió información sobre el consumo de energía de las máquinas de la línea de producción, a partir de esta información se obtuvo el consumo total de la línea de producción en cada propuesta.

A la línea de producción de mayor consumo de energía se le asignó la puntuación de 1, a la que tiene un consumo intermedio de entre las tres líneas de producción se le asignó la puntuación de 2 y por último a la línea de

producción con el más bajo consumo de energía se le asignó una puntuación de 3.

El consumo de energía para la línea de producción propuesta por la empresa MEP no se pudo determinar ya que esta empresa no envió completa la información respecto al consumo de energía de cada máquina ofertada, por este motivo el consumo de energía de la línea de producción no pudo ser establecido.

El consumo de energía de la línea de producción ofertada por la empresa SCHNELL es de 153 kW.

Por último el consumo de energía en la línea de producción ofertada por STEMA/PEDAX tampoco pudo ser determinada debido a que la información respecto al consumo de energía no se presentó completa.

Por lo tanto se estableció la puntuación de la siguiente manera:

- MEP con un puntaje igual a 0.
- SCHNELL con un puntaje igual a 3.
- STEMA/PEDAX con un puntaje igual a 0.

2. PRECIO DE LA MAQUINARIA: También se consideraron 3 parámetros de ponderación los mismos que se enuncian a continuación:

- **Alto:** ponderación igual a 1.
- **Medio:** ponderación igual a 2.
- **Bajo:** ponderación igual a 3.

Se consideró como alto al precio de la maquinaria de mayor costo, medio al precio de la maquinaria que tenga un costo intermedio entre las tres maquinarias ofertadas y bajo al precio de la maquinaria cuyo costo sea el menor entre las tres líneas de producción.

Para la asignación de las ponderaciones a las empresas proveedoras se solicitó el precio de la maquinaria a cada proveedor, estos enviaron los detalles de precios de todas las máquinas y el precio total de la maquinaria de la línea



de producción, además de los costos adicionales como de embalaje, transporte seguro e instalación, en base a esto se dio el puntaje para cada proveedor.

De esta manera se determinó un puntaje de 1 a la línea de producción de mayor costo, se asignó un puntaje de 2 para la línea de producción con un costo intermedio de entre las tres y la línea de producción de menor costo fue asignada con un puntaje de 3.

Como se puede observar el puntaje más alto fue asignado a la línea de producción de menor costo, ya que es conveniente para la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. adquirir la maquinaria al menor costo posible, siendo que las máquinas de las tres empresas proveedoras son de similares características.

El costo de la maquinaria propuesta por MEP es de \$ 2'148.500.

El costo de la maquinaria que oferta SCHNELL es de \$ 1'400.150.

El costo total de la maquinaria ofertada por STEMA/PEDAX es de \$ 1'300.000.

De esta manera se asignó el puntaje para cada empresa como sigue:

- MEP con un puntaje igual a 1.
- SCHNELL con un puntaje igual a 2.
- STEMA/PEDAX con un puntaje igual a 3.

La maquinaria ofertada por MEP es la de mayor costo por lo tanto recibió la puntuación de 1, la maquinaria propuesta por STEMA/PEDAX es la más barata por lo que se le asignó la puntuación de 3 y la maquinaria cotizada por SCHNELL tiene un costo intermedio entre las tres propuestas y recibió una puntuación de 2.

3. CALIDAD EN SERVICIO: Se han considerado 5 parámetros de evaluación como sigue:

- **Deficiente:** ponderación igual a 1.
- **Regular:** ponderación igual a 2.
- **Aceptable:** ponderación igual a 3.

- **Muy Bueno:** ponderación igual a 4.
- **Excelente:** ponderación igual a 5.

De acuerdo con estos parámetros de ponderación se asignó la puntuación a cada una de las empresas proveedoras, tomando en cuenta el servicio prestado por las empresas al proporcionar información oportuna y veraz, además se tomo en cuenta el interés prestado por las empresas al proyecto, a continuación se describe las características del servicio prestado por cada una de las empresas proveedoras.

#### SCHNELL.

- Servicio al cliente constante.
- Preocupación constante de la situación del cliente.
- Varias visitas durante el proceso de planificación del proyecto, en total fueron 4 visitas.
- Correos electrónicos enviados constantemente, se tiene un mayor número de correos de esta empresa.
- Comunicación frecuente con el cliente a través de llamadas telefónicas.
- Entrega de gran cantidad de catálogos de maquinaria, software y discos compactos con información.
- Envíos rápidos y oportunos de información (ofertas, layouts e información complementaria como fichas técnicas de las máquinas, software, etc.).
- Disponibilidad de asistencia técnica, rápido servicio de instalación, mantenimiento y repuestos desde Brasil, donde cuenta con una fábrica de máquinas.
- Completa información sobre aspectos técnicos de la maquinaria.
- Completa información sobre productividad de la fábrica.
- Cuenta con 40 centros de asistencia a nivel mundial.

#### MEP.

- Servicio al cliente con algo de demora.

- Varias visitas durante el proceso de elaboración del proyecto, en total se recibió 3 visitas.
- Aceptable cantidad de correos electrónicos.
- Entrega de aceptable cantidad de catálogos y discos compactos con información acerca de la maquinaria.
- Cuenta con servicio técnico y satisfacción rápida de los pedidos de los clientes, sea por asistencia técnica calificada MEP o por piezas de recambio, gracias a un acopio de las mismas en un almacén preparado especialmente en Sao Paulo, Brasil.
- Envíos un poco demorados de propuestas, layouts y demás información.
- Muy poca información de aspectos técnicos de la maquinaria (consumo de energía y demás aspectos técnicos)
- No se recibió información sobre productividad de la línea de producción.

#### STEMA/PEDAX

- Servicio al cliente con considerable demora.
- Una visita durante todo el proceso de elaboración del proyecto.
- Pocos correos electrónicos enviados.
- Entrega de gran cantidad de catálogos y discos compactos con información.
- Se cuenta con agente de ventas en Colombia y un ingeniero de servicio en Argentina, las partes o repuestos se traen desde Dinamarca o Alemania.
- Envío demorado de propuesta y layout.
- Muy poca información sobre aspectos técnicos de la maquinaria.
- No se recibió información acerca de la productividad de la línea de producción.

Tomando en cuenta estos servicios prestados por cada una de las empresas proveedoras se asigno para cada una de ellas la siguiente puntuación:

- MEP con una puntuación de 3, es decir la calidad de servicio es aceptable.

- SCHNELL con una puntuación de 5, esto quiere decir que el servicio proporcionado por esta empresa es excelente.
- STEMA/PEDAX con una puntuación de 2, es decir que su servicio al cliente es regular.

Esta es la puntuación que se le ha asignado a cada empresa proveedora de maquinaria en base a su desempeño al proporcionar servicio al cliente.

4. **VARIEDAD DE PRODUCTOS:** Se refiere, como su nombre describe, a la variedad de productos terminados que se pueden obtener de las diferentes máquinas ofertadas por las empresas. Para calificarlas en este aspecto se han establecido los siguientes parámetros de ponderación:

- **Poca Variedad:** ponderación igual a 1.
- **Variedad media:** ponderación igual a 2.
- **Gran Variedad:** ponderación igual a 3.

En este aspecto las líneas de producción propuestas por cualquiera de las tres empresas proveedoras MEP, SCHNELL y STEMA/PEDAX pueden elaborar los tres tipos de productos terminados ofertados así: varillas rectas cortadas a medida, varillas con dobleces en uno o en ambos extremos y estribos y otras figuras geométricas, cada uno de estos productos con una infinidad de longitudes, ángulos, formas y tamaños.

En las tres líneas de producción que se ofertan se puede elaborar una cantidad muy similar de formas y tamaños por esta razón se calificó a las tres proveedoras con una puntuación de 3, ya que se obtiene de cualquiera de estas tres líneas de producción una gran variedad de productos terminados.

5. **CONSIDERACIONES AMBIENTALES:** Esta variable considera el impacto ambiental generado por la maquinaria que se desea adquirir, para realizar la comparación entre la maquinaria ofertada por las tres empresas proveedoras se analizan los siguientes parámetros de ponderación en cada una de ellas así:

- **Elevada Contaminación:** ponderación igual a 1.
- **Contaminación Considerable:** ponderación igual a 2.

- **Contaminación Media:** ponderación igual a 3.
- **Baja Contaminación:** ponderación igual a 4.
- **No existe Contaminación:** ponderación igual a 5.

Se desprende de esta ponderación que para líneas de producción donde no existe contaminación al medio ambiente su puntuación será la máxima de 5 y para líneas de producción con una elevada contaminación ambiental su puntuación será la mínima de 1. Entre estos dos extremos existen los demás niveles de contaminación que se los ha denominado Baja Contaminación, Contaminación Media y Contaminación Considerable, que tienen como ponderación 4, 3 y 2 respectivamente.

Para calificar a cada empresa proveedora de acuerdo con el grado de contaminación de sus máquinas se ha tomado en consideración diversos aspectos los mismos que se describen, para cada empresa proveedora, a continuación:

#### SCHNELL.

- Empresa con certificación de calidad ISO 9001.
- Las máquinas elaboradas por SCHNELL son controladas por servomotores eléctricos los cuales son el corazón de estas máquinas.
- Las máquinas SCHNELL son de bajo impacto ambiental.
- Son fiables, precisas, veloces, poco ruidosas y respetuosas del medio ambiente.
- Las máquinas SCHNELL no contaminan ya que en lugar de utilizar aceites funcionan con servomotores de altísimo rendimiento y eficiencia energética que optimizan los procesos y consumos reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Bajo cada doblado, movimiento y traslación de cada máquina hay un servomotor que SCHNELL conoce en todas sus partes.

#### MEP.

- Las máquinas MEP son controladas por sistemas hidráulicos.

- Debido al uso de aceites para su funcionamiento las máquinas MEP tienen un considerable impacto ambiental.
- No son respetuosas del medio ambiente ya que los aceites utilizados para su funcionamiento provienen de combustibles fósiles, los mismos que generan contaminación ambiental.
- Existe contaminación ya que se generan desechos hidráulicos.

#### STEMA/PEDAX.

- Elaboran máquinas controladas por servomotores y también cuentan con máquinas controladas por sistemas hidráulicos.
- La línea de producción puede tener máquinas de ambos tipos por lo tanto su impacto ambiental es medio.
- No son tan respetuosas del medio ambiente debido a la combinación de maquinaria conducida hidráulicamente y maquinaria conducida por servomotores.
- Existe mayor contaminación si se utilizan las máquinas controladas por sistemas hidráulicos.

Tomando en consideración estos aspectos de la maquinaria elaborada por cada una de las tres empresas proveedoras se ha designado la calificación correspondiente a cada empresa como sigue:

- MEP se le asignó una puntuación de 2, ya que debido a la utilización de aceites hidráulicos para el funcionamiento de sus máquinas genera una contaminación considerable.
- SCHNELL con una puntuación de 4, esto es debido al uso de servomotores en la totalidad de sus máquinas lo que la posiciona como una empresa que produce máquinas de bajo impacto ambiental.
- STEMA/PEDAX con una puntuación asignada de 3 que obedece al uso, dentro de su línea de producción, de máquinas que funcionan tanto con sistemas hidráulicos como con servomotores, lo cual hace que sea considerada como maquinaria de contaminación media.

6. **FLUJO DE PROCESOS:** Esta variable se refiere a la facilidad de fabricación dentro de la línea de producción que oferta cada empresa proveedora. A la vez la facilidad de fabricación está relacionada con el nivel de automatización de la maquinaria ya que mientras más automáticos sean los procesos de la maquinaria más fluido será el proceso de producción y existirá mayor facilidad de elaboración de los figurados o conformados.

Para asignar la puntuación correspondiente a cada empresa proveedora se ha utilizado los siguientes parámetros de ponderación:

- **Procesos Manuales:** ponderación igual a 1.
- **Procesos Semiautomáticos:** ponderación igual a 2.
- **Procesos Automatizados:** ponderación igual a 3.

Se puede deducir a partir de esta ponderación que si la maquinaria ofertada es totalmente automatizada esta obtendrá 3 puntos la cual es la puntuación de mayor ponderación, caso contrario si la maquinaria en oferta presenta procesos manuales en su totalidad, obtendrá 1 punto siendo este el puntaje de menor ponderación y finalmente si la línea de producción que se oferta cuenta con procesos manuales y procesos automáticos será considerada de procesos semiautomáticos y obtendrá 2 puntos en su ponderación.

Para el caso considerado por esta variable las líneas de producción propuestas por las tres empresas proveedoras MEP, SCHNELL y STEMA/PEDAX cuentan con máquinas que trabajan con sistemas automáticos y máquinas que tienen que ser operadas manualmente, por lo que todo el proceso de la línea se considera semiautomático y se asigna la puntuación de 2 para las tres empresas.

7. **PRODUCTIVIDAD:** Esta variable se refiere específicamente a las toneladas por año que cada línea de producción ofertada está en capacidad de producir. Para realizar la comparación de esta variable entre las tres empresas proveedoras se consideran los parámetros de comparación que siguen:

- **Baja Productividad:** ponderación igual a 1.
- **Productividad Media:** ponderación igual a 2.

- **Alta Productividad:** ponderación igual a 3.

Para asignar la puntuación se toma en cuenta la productividad de toda la línea de producción de conformados para cada empresa proveedora y se estableció que la de menor productividad sea considerada de baja productividad y tenga la ponderación de 1, la de mayor productividad sea considerada de alta productividad y reciba la puntuación de 3, y finalmente la línea con una producción intermedia entre las tres expuestas será considerada de productividad media y recibirá una puntuación de 2.

La condición deseada por la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. es que la línea de producción tenga la más alta productividad posible, así se aprovecharán de mejor manera las máquinas que se adquieran.

Se solicitó a cada empresa proveedora que enviara el detalle de la producción por año para cada línea de producción, detallando la producción por año y por máquina y haciendo al final la suma para obtener la producción por año de la línea. Los datos enviados se pueden encontrar en el ANEXO N° 12 y sus resultados se resumen a continuación:

MEP no envió los datos referentes a productividad por lo tanto se le asigno la puntuación de 0 para esta variable.

SCHNELL tiene una productividad de 48960 ton/año de varillas cortadas y 37440 ton/año de varillas dobladas, se le asignó la puntuación de 3 con referencia a esta variable.

STEMA/PEDAX no presentó información referente a la productividad por lo que también fue asignada con una puntuación de 0 para esta variable.

#### **4.1.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS.**

Una vez evaluadas todas las variables comparativas en las tres empresas proveedoras de maquinaria para la línea de conformados de varilla de construcción, se procedió a llenar la matriz de decisión, de la cual se obtuvo los siguientes resultados finales:



- **EMPRESA MEP:** Obtuvo un resultado de 11 puntos a su favor.
- **EMPRESA SCHNELL:** Obtuvo como resultado 22 puntos a su favor.
- **EMPRESA STEMA/PEDAX:** Obtuvo un resultado final de 13 puntos.

A partir de estos resultados se eligió a la empresa **SCHNELL GROUP** para que sea la proveedora de máquinas para la futura línea de producción de conformados de varilla de construcción de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A., debido a que ofrece mayores ventajas como una elevada automatización de los procesos de producción, menor consumo energético por máquina y mejor servicio técnico y de ventas, características que hacen de esta maquinaria la más apropiada para la realidad de la empresa y del país. En el ANEXO N° 11 se puede apreciar la Matriz de Decisión con sus respectivos resultados.

## **4.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA Y REQUERIMIENTOS DE ÁREA**

Para la distribución de planta de la línea de producción de conformados de varilla se tomo en cuenta algunas normas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT por sus siglas) entidad que pertenece al Ministerio de Trabajo e Inmigración del Gobierno de España, el cual es un órgano Científico-Técnico especializado que tiene como misión el análisis y estudio de las Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como la promoción y apoyo a la mejora de las mismas. Además se distribuyó el área que ocupará la línea de producción utilizando criterios propios para el uso eficiente del espacio disponible y por último se tomo en cuenta ciertas recomendaciones del proveedor de maquinaria.

En el ANEXO N° 13 se puede apreciar la distribución de áreas para la línea de producción, además se hizo una identificación de dichas áreas las cuales son necesarias para el correcto desenvolvimiento de la línea. Se utilizaron distintas denominaciones y colores así:

- Las áreas de captación de Materia Prima se identifican con la letra A seguido de un número que nos indica el número de áreas disponibles para almacenar la materia prima, además están determinadas con el color azul.
- Las áreas correspondientes a las Máquinas y Equipos que elaborarán los productos se identifican con la letra B seguido de un número que nos indica la cantidad de máquinas que estarán dispuestas en el galpón, además se utiliza el color rojo para su identificación.
- Las áreas en donde se ubicarán los Productos Terminados antes de su despacho final se identifican con la letra C seguido de un número que nos permite reconocer todas las áreas disponibles para el almacenamiento del producto terminado, además se utiliza el color verde para diferenciarlas de las demás áreas.
- El área correspondiente a Oficinas se identifica con la letra D y se utiliza el color magenta para diferenciar esta área.
- Las áreas correspondientes a los pasillos de circulación principal están identificadas con la letra E seguidas de un número que nos indica la cantidad de pasillos de circulación principal con que cuenta la línea de producción. Los pasillos principales se encuentran identificados con franjas inclinadas y alternadas de color negro y blanco. Además existen los espacios suficientes entre las áreas de las máquinas, áreas para materia prima, áreas para productos terminados y demás áreas para permitir el acceso a cada una de las máquinas y a todas las áreas.
- Finalmente existe un área destinada para un futuro crecimiento de la línea de producción la cual está identificada con la letra F.

Considerando el máximo aprovechamiento del área disponible para la línea de producción se han distribuido todas las áreas necesarias tanto las de almacenamiento de materia prima, como las de producción, almacenamiento de producto terminado, oficinas y áreas de circulación, de tal manera que cumplan con ciertas normativas técnicas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, se tomen en cuenta ciertas recomendaciones del proveedor de la maquinaria y se consideren criterios para un uso eficiente del espacio y para un mejor flujo de producción. Se ha propuesto la distribución

de áreas presentada en el ANEXO N° 13 como la mejor distribución para lograr el objetivo de una mayor productividad utilizando el mínimo de recursos.

A partir de esta distribución de áreas es posible distinguir todos los procesos que participan en la obtención de varillas conformadas o figuradas desde el inicio del proceso que involucra el adecuado almacenamiento de la materia prima hasta la obtención y almacenamiento de las varillas figuradas para su posterior despacho al cliente.

#### **4.2.1 ÁREA DE CAPTACIÓN DE MATERIA PRIMA**

Las áreas establecidas que serán utilizadas para almacenar la materia prima están representadas con la letra A y con el color azul. Existen 12 áreas para el almacenamiento de materia prima nombradas A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11 y A12.

Dentro de estas áreas se almacenarán dos tipos de materia prima: la primera son las varillas corrugadas rectas las cuales vienen en dimensiones de 6 m, 9 m o 12 m y la segunda materia prima a almacenar serán los rollos de varilla corrugada.

A partir de la materia prima mencionada y con la aplicación de procesos productivos se obtendrán los productos destinados a la comercialización. Estos productos finales serán las barras rectas a medida, las barras con dobleces en uno o en ambos extremos y los estribos y otras figuras geométricas.

Está previsto que sumadas todas las áreas de captación de materia prima en conjunto tengan una capacidad de almacenamiento total de 200 ton, esta capacidad puede ser aumentada si se utilizan almacenes que permitan apilar los paquetes de varillas, así como también si se realiza el apilamiento de los rollos.

Hay que notar que las áreas de almacenamiento de la materia prima están distribuidas en sitios estratégicamente escogidos con la finalidad de minimizar los movimientos excesivos de materiales lo que se traduce en tiempos reducidos de fabricación, un eficiente flujo de los procesos y un consumo de energía menor, lo que significaría mayor ahorro de capital para la elaboración

de los conformados con su consecuente aumento en los beneficios económicos para la empresa.

En el ANEXO N° 13 se pueden apreciar las áreas que servirán para almacenamiento de materia prima, estas como se dijo en principio se identifican con la letra A seguida de un número y son áreas limitadas por líneas de color azul.

#### **4.2.2 ÁREA DE CONFORMACIÓN DE VARILLAS**

Existen varias áreas en donde se realizará el corte y el figurado de la varilla, estos espacios están destinados para la ubicación de la maquinaria que posibilitará la realización de estos procesos productivos.

Las áreas destinadas para la producción en sí, están designadas con la letra B y estarán identificadas por el color rojo, estas áreas están denominadas como B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9 y B10 y pueden ser distinguidas en el plano de distribución de áreas que se presenta en el ANEXO N° 13.

Dentro de los espacios necesarios para la producción se ubicaran las máquinas que se utilizarán para realizar los trabajos de corte y figurado. Las máquinas a ser utilizadas para la línea de producción son las siguientes:

1. Línea de corte SHEAR LINE 300: Esta máquina se encuentra ubicada en el área B1 y con ella se realiza el corte a medida de las barras. Las varillas ingresan con las longitudes estándar de 6, 9 y 12 m, para luego ser cortadas a medida, con longitudes especificadas por el cliente.

Para esto la maquina se vale de un almacén de barras desde el cual las varillas comunes son ingresadas a una vía de alimentación la cual conduce las barras a través de una cizalla y hacia una vía de medición y traslado, una vez dada la medida exacta de las varillas, estas son cortadas por la cizalla para luego ser transportadas a un punto específico de la vía de medición y traslado y ser descargadas como producto final o como materia prima para un posterior proceso de doblado.

En el ANEXO N° 8 se puede encontrar la propuesta de la compañía Schnell dentro de la cual se describe con detalle el funcionamiento de esta máquina, sus características técnicas y los diferentes componentes que forman parte de ella.

2. Centro de doblado ROBOMASTER 45/12: Esta máquina se encuentra ubicada en las áreas B2 y B3. La función principal de estas máquinas es la de elaborar dobleces en las barras, estos dobleces pueden ser realizados en uno o en ambos extremos de las barras y se garantiza gran exactitud y simetría en la realización de los mismos. Además esta máquina también se la puede utilizar para elaborar estribos de grandes dimensiones en caso de ser requerido.

Las barras a ser procesadas pueden ser hasta de 12 m de longitud y de cualquier diámetro que sea necesario hasta el diámetro de 32 mm.

Todas las funciones de la máquina se controlan a través de una computadora por lo cual se asegura que durante la fase de elaboración no existe intervención por parte del obrero lo cual disminuye el riesgo de accidentes.

Para más detalles acerca del funcionamiento de esta máquina y sobre sus accesorios y partes remítase al ANEXO N° 8, en donde encontrará la propuesta de la maquinaria por parte de la empresa Schnell.

3. Cizalla C 50 EXPORT: Esta máquina se ubicará en el área B4 y sirve para realizar cortes en barras rectas. Las barras son ubicadas en la máquina de manera manual y se realiza el corte accionando un pedal para el efecto.

La cizalla puede cortar barras de cualquier sección hasta el diámetro de 40 mm y puede ser movilizada con facilidad lo cual la hace una máquina muy práctica.

En el ANEXO N° 8, dentro de la propuesta hecha por Schnell se puede apreciar todas las características de esta máquina.

4. Dobladora P 45 PRO 2C: La dobladora se encuentra ocupando el área B5. Con esta máquina se puede elaborar barras rectas con dobleces en uno o en ambos extremos así como también estribos de diferentes formas y tamaños.

Cuenta con un plato giratorio anti desgaste que puede ser utilizado junto con los accesorios para realizar los dobleces en las 2 direcciones.

Se puede doblar barras de toda sección hasta el diámetro 40 mm. La máquina es controlada por un programador electrónico digital el cual le permite programar los dobleces necesarios en la dirección que se requiera. Además viene en conjunto con bancos de doblado para una mayor facilidad en la manipulación de las barras.

En el ANEXO N° 8 se puede apreciar la propuesta realizada por Schnell, en donde se encuentra información más completa sobre las características técnicas, las capacidades y los consumos de esta máquina así como también los diferentes accesorios con los que cuenta para realizar su trabajo.

5. Centro Multifunción BAR WISER 22 S/12 MULTIFEED: Esta máquina será colocada en las áreas B6 y B7. Es, como su nombre lo indica, una máquina multifunción en donde se pueden elaborar barras rectas cortadas a medida, barras con dobleces en uno o en ambos extremos y estribos y otras figuras geométricas, lo cual la hace una máquina muy versátil.

Esta máquina puede ser alimentada por varillas corrugadas rectas o por rollos corrugados lo cual es una ventaja si no se cuenta con la cantidad necesaria de barras o a su vez no existen suficientes rollos para cumplir con la producción. Pasar de la producción de conformados a partir de rollos a la producción de conformados a partir de barras y viceversa es sencillo, esto es posible gracias a un sistema de enderezado excluible que permite pasar de la elaboración por rollos a la elaboración por barras en pocos minutos.

La Bar Wiser 22 S/12 Multifeed está controlada por un ordenador industrial fácil de operar y muy amigable con el usuario, de esta forma se facilita la programación de las formas a elaborar.

En esta máquina se puede trabajar con barras hasta de 12 m de longitud y 22 mm de diámetro y para los rollos hasta secciones de 16mm de diámetro. Es suficiente un operador para controlar el trabajo de la máquina y generar la producción necesaria.

En el ANEXO N° 8 se puede apreciar más detalles de esta máquina como sus principales características técnicas, capacidades, equipo de serie con el que viene y demás información importante.

6. Centro Multifunción BAR WISER 22 N MULTIFEED: Esta máquina será colocada en las áreas denominadas B8, B9 y B10. La función de esta máquina es la de producir estribos a partir de barras de acero corrugadas o de rollos de acero corrugado. Posee un sistema de enderezado excluible que le permite pasar en pocos minutos de la elaboración de estribos a partir de rollos a la elaboración de estribos a partir de barras.

La máquina es totalmente controlada por un PC industrial lo que facilita su operación y le permite ser controlada por un solo operador.

En esta máquina se trabaja con diámetros de hasta 22 mm para las barras y de hasta 16 mm para los rollos.

En el ANEXO N° 8 se encuentra información más detallada de las funciones de esta máquina así como también la información técnica de la misma y los equipos de serie que vienen incluidos una vez realizada la compra.

#### **4.2.3 ÁREA DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO**

Las áreas establecidas para el almacenamiento de producto terminado y despacho del mismo se identifican en el plano de distribución de áreas con la letra C seguida de un número que nos indica cuantas áreas estarán destinadas para almacenar los productos terminados, además se pueden identificar también por su color verde. Las áreas destinadas para almacenamiento y despacho de productos terminados son las siguientes: C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7.

Se ha procurado ubicar estas áreas lo más cercanamente posible a las máquinas de tal manera que el movimiento de los productos terminados sea el mínimo posible.

En las 7 áreas para almacenamiento y despacho de producto terminado encontraremos los siguientes productos:

1. Barras o varillas rectas cortadas a medida.
2. Barras o varillas con dobleces en uno o en ambos extremos.
3. Estribos y figuras geométricas especiales.

Además se cuenta con racks de almacenamiento de barras rectas cortadas a medida adecuados a los lados de la vía de medición y traslado que forma parte de la línea de corte Shear Line 300.

Todas estas áreas tienen la capacidad de albergar 200 toneladas de material procesado lo que permitirá el adecuado despacho de los productos terminados hasta en las temporadas de más alta producción.

En el ANEXO N° 13 se pueden apreciar las áreas consideradas para el almacenamiento y despacho de los productos terminados. Estas áreas como ya se dijo están identificadas con la letra C seguida de un número y además están limitadas por líneas de color verde.

### **4.3 INFRAESTRUCTURA AUXILIAR**

En cuanto a la infraestructura auxiliar necesaria para el buen funcionamiento de la línea de producción se deben tomar en cuenta todas las instalaciones necesarias para que la línea funcione adecuadamente y que brinde todas las facilidades para la elaboración de los productos. A continuación se enuncian las infraestructuras auxiliares necesarias:

1. **ESTRUCTURA METÁLICA:** Se refiere a la estructura metálica del galpón bajo el cual se ubicarán todas las máquinas. Esta estructura es fundamental ya que forma el esqueleto principal del galpón a ser construido. De esta manera la estructura hará posible la protección de las máquinas contra la intemperie.

En el ANEXO N° 14 se presenta el gráfico de la estructura metálica del galpón en 3 dimensiones, además se pueden apreciar los planos formales de dicha estructura.



2. **INSTALACIONES ELECTRICAS:** También se diseñaron las instalaciones eléctricas necesarias para que la línea de producción pueda ejecutar una producción constante y satisfacer la demanda de producción.

Se diseñaron los circuitos eléctricos para la iluminación del galpón, para las conexiones de cada una de las máquinas, para las tomas de corriente y en general para todos los elementos eléctricos indispensables, lo cual permitirá un correcto lanzamiento de las instalaciones eléctricas necesarias para el normal desempeño de la línea de producción.

En el ANEXO N° 15 se puede apreciar el plano de las instalaciones eléctricas para la planta de conformados.

Además en el ANEXO N° 16 se puede apreciar las fichas técnicas de cada una de las máquinas de la línea de producción, en donde se encuentran los requerimientos de energía eléctrica para cada una de ellas, en estos documentos están especificados el consumo de energía de cada máquina y las secciones de los cables a ser utilizados en las instalaciones eléctricas así como también información esencial para efectuar las instalaciones. El consumo de energía de toda la línea de producción es de 183 kW.

3. **INSTALACIONES DE AIRE COMPRIMIDO:** La mayor parte de las máquinas que se van a adquirir necesitan de aire comprimido para su funcionamiento, por esta razón es necesario el diseño de un sistema de aire comprimido que satisfaga la necesidad de aire a compresión de la maquinaria.

Se ha diseñado un sistema de aire comprimido tipo anillo, se eligió esta disposición ya que las pérdidas de presión en la red son menores, además se facilita en gran medida el mantenimiento de la red pues es posible aislar ciertos sectores de la instalación para realizar labores de mantenimiento sin que esto afecte la presión del aire en el resto del sistema.

Generalmente se utilizan válvulas para poder aislar sectores de la red de aire comprimido, de esta manera, al cerrar ciertas válvulas se corta el paso de aire comprimido en un sector de la red pero el resto del sistema mantiene su presión de trabajo. Una vez aislado el sector deseado de la red se procede a

realizar el mantenimiento respectivo o el reemplazo de elementos averiados según sea la necesidad.

Es importante conocer que parte de la tubería de la línea de aire comprimido estará tendida dentro de un canal construido bajo el nivel del suelo y protegida por rejillas de seguridad en el piso, para observar las porciones de tubería que van bajo suelo revise el plano de las instalaciones de aire comprimido en el ANEXO N° 17.

Con la finalidad de que exista un correcto funcionamiento del sistema de aire comprimido se debe seleccionar un compresor con una capacidad adecuada para que proporcione el flujo de aire y la presión requeridos por el sistema.

Por lo general el flujo de aire se mide en cfm (cubic feet per minute por sus siglas en inglés) que son los pies cúbicos por minuto de aire que aspira el compresor de la atmósfera para mantener el sistema de aire comprimido trabajando de manera adecuada.

La presión del sistema se mide generalmente en bares y se requiere que el sistema tenga la capacidad de mantener constante la presión que necesitan las máquinas para realizar su trabajo, es decir que en la toma de aire cerca de la máquina exista la presión necesaria para que esta trabaje adecuadamente.

Para hacer la selección del compresor se debe en primer lugar determinar su capacidad, para esto se suman los requerimientos de aire comprimido de cada una de las máquinas (los requerimientos se encuentran en las fichas técnicas del ANEXO N° 16) y se obtiene el flujo de volumen de aire necesario para toda la línea de producción. Siempre será necesario guardar un margen de seguridad para el consumo de aire, de esta manera, al flujo de aire necesario para la línea de producción se le multiplicará por un factor de seguridad el cual permitirá tener la seguridad de satisfacer los requerimientos de aire comprimido de cada máquina en todo momento. El consumo de aire para cada una de las máquinas se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4.1 Consumo de Aire de las Máquinas SCHNELL.<sup>4.1</sup>**

N°	Máquina denominación	N° de Máquinas	Consumo Unitario (l/min)	Consumo Total (l/min)
1	Shear Line 300	1	350	350
2	Robomaster 45/12	2	200	400
3	Bar Wiser 22S/12 Multifeed	2	360	720
4	Bar Wiser 22N Multifeed	3	100	300

Elaboración: Roddy Macías.

Para calcular el consumo de aire total de la línea de producción se tienen que sumar los consumos totales de la tabla 4.1 y transformar ese resultado a cfm, luego se multiplica por el factor de seguridad adecuado (2 para este caso) y se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 4.2 Consumo de Aire Total de la Línea de Producción.<sup>4.2</sup>**

Consumo Total Línea de Producción (l/min)	Consumo Total Línea de Producción (cfm)	Capacidad Compresor (cfm)	Capacidad Tanque del Compresor (pies cúbicos)
<b>1770</b>	<b>62,5</b>	<b>125</b>	<b>125</b>

Elaboración: Roddy Macías.

En definitiva para satisfacer la necesidad de aire comprimido de la línea de producción de la planta de conformados es necesario un compresor que entregue un caudal aproximado de 125 cfm y un tanque para almacenamiento del aire proveniente del compresor de 125 pies cúbicos. Esta capacidad de absorción del compresor se obtiene utilizando un factor de seguridad de 2, el mismo que permitirá compensar pérdidas de capacidad y tomará en cuenta futuras ampliaciones de la línea de producción.

También se define la presión del sistema de aire comprimido acogiendo las instrucciones del fabricante que se encuentran en las fichas técnicas en el ANEXO N° 16, en donde se especifica que el compresor a utilizarse en la línea

<sup>4.1</sup> Información obtenida de las fichas técnicas de la maquinaria de SCHNELL.

<sup>4.2</sup> Resultados obtenidos a partir de los datos de las fichas técnicas de las máquinas SCHNELL.

de producción deberá estar en capacidad de alcanzar la presión máxima de 10 bares y una presión de ejercicio de 7 bares.

Según especificaciones del fabricante (ANEXO N° 16) la tubería de entrada a las máquinas para el sistema de aire comprimido debe ser de 1/2" y los accesorios de la línea deben contar con conexiones de 1/2", este tamaño de la tubería es el adecuado para trabajar con la capacidad de aspiración del compresor y la presión máxima esperada para el sistema. En las fichas técnicas se encuentra toda la información necesaria para una correcta instalación de la red de aire comprimido.

Tomando en cuenta toda la información que se tiene disponible del sistema de aire comprimido se podría usar, a consideración de la empresa, el compresor de pistón marca BOGE modelo RM3650 con una capacidad de 130 cfm, una presión de trabajo estándar de 10 bar y con un motor de 30 HP (22 kW), o el compresor de tornillo modelo S 40-2 con capacidad de 164 cfm, presión de trabajo máxima de 10 bar y con motor de 40 HP (30 kW), las características de estos compresores satisfacen las necesidades de la línea de aire comprimido. En el plano del sistema de aire comprimido (ANEXO N° 17) se ha considerado el compresor de pistón, sin embargo la empresa podrá adquirir el compresor que a su criterio se ajuste mejor a sus necesidades.

La empresa proveedora de la maquinaria recomienda el uso de un compresor base y uno adicional más pequeño, ambos compresores deben contar con secador de aire.

En el ANEXO N° 17 se puede apreciar la distribución del sistema de aire comprimido con todos sus accesorios y elementos necesarios.

4. PUENTES GRUAS: Serán necesarios para el movimiento de materiales dentro de la planta, para ello se adquirirán 4 puentes grúa, cada uno de ellos con una capacidad de 10 toneladas.

La luz calculada para estos puentes grúa es de 22.6 metros, recorrerán aproximadamente 87 metros y tendrán la capacidad de elevar su gancho 9 metros sobre el nivel del suelo.

En el ANEXO N° 18 se puede apreciar la cotización del puente grúa necesario para trabajar con la línea de producción así como también sus características técnicas y dimensionales.

5. MONTACARGAS: Será necesario la utilización de un montacargas para ayudar con la movilización de materiales dentro de la planta, además de realizar las operaciones de descarga de materia prima y carga de producto terminado y otros trabajos en donde se haga necesario el uso del montacargas.

#### **4.4 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y SU DISTRIBUCIÓN**

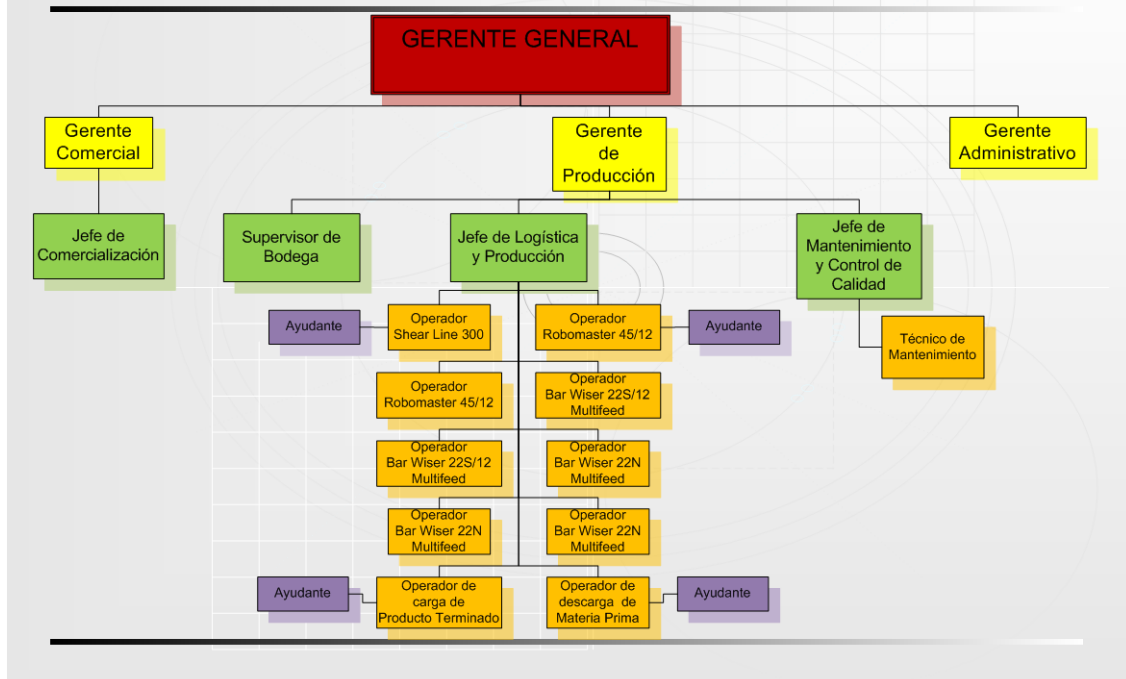
Es necesario que la línea de producción cuente con el personal necesario y adecuado para llevar a cabo los procesos con éxito. No está demás decir que el personal a trabajar en la línea de producción debe tener un buen desempeño en sus respectivas labores ya que de esto depende mucho el éxito de la planta.

Los operadores de la maquinaria de la línea de producción recibirán capacitación referente al buen manejo de las máquinas, esta capacitación es un servicio adicional de la compañía proveedora de la maquinaria, la cual envía un técnico especializado que conoce profundamente el funcionamiento y manejo de las máquinas para capacitar en el uso de las mismas a los operadores.

La línea de producción requiere de personal administrativo y personal operativo que trabajen en conjunto para lograr alcanzar los objetivos y metas propuestos por la empresa.

Se ha elaborado un organigrama el cual nos permite apreciar como estaría organizado el personal que labora en la planta, la organización de los trabajadores es de vital importancia para la línea de producción, ya que el buen desempeño de la línea depende en gran medida de una buena organización del personal de la planta el cual estaría organizado de la siguiente manera:

## FMSB SANTA BÁRBARA S.A - Estructura Orgánica Conformados



**Figura 4.1 Organigrama de la Planta de Conformados.**<sup>4.3</sup>

En el organigrama de la planta de conformados se presenta de manera jerárquica y organizada todo el personal necesario para laborar en la planta, se cuenta con 39 personas para trabajar en dos turnos; el primer turno que empieza a las 7:00 am y termina a las 3:00 pm cuenta con un personal de 23 trabajadores que son los que se presentan en el organigrama expuesto más arriba y el segundo turno que empieza a las 3:00 pm y termina a las 11:00 pm cuenta con 16 personas para trabajar, entre ellas se tiene: 1 Jefe de Logística y Producción, 1 Técnico de Mantenimiento, 10 Operadores para la maquinaria y los puentes grúa y 4 ayudantes que estarán a cargo de realizar la producción en el segundo turno.

Como parte de la planificación de la empresa se decidió determinar las labores y actividades que deben cumplir cada uno de los integrantes del personal dentro de la empresa, para ello se elaboraron descriptivos del cargo para cada uno de los empleados de la planta.

<sup>4.3</sup> Elaborado por Roddy Macías.

En el ANEXO N° 19 se puede observar los descriptivos del cargo para cada empleado, en cada uno de estos documentos se detallan las responsabilidades del puesto de trabajo y las actividades y labores que debe cumplir cada uno de los empleados, para los operadores de máquinas y ayudantes de producción se desarrollaron descriptivos generales, ya que sus responsabilidades y tareas, de manera general, son muy similares, lo que se busca conseguir con esto, es que estos empleados se puedan intercambiar los puestos de trabajo, de manera que en caso de enfermedad o falta, el operador o ayudante pueda ser reemplazado sin dificultad.

A fin de diferenciar las operaciones dentro de la planta se hace una distinción entre personal administrativo y personal operativo.

#### PERSONAL ADMINISTRATIVO.

Como personal administrativo se cuenta con 9 personas las cuales como su nombre lo indica estarán encargados de administrar la planta de conformados, de las 9 personas, 8 trabajarán en el primer turno y 1 en el segundo turno, para el segundo turno solo será necesario la presencia del Jefe de Logística y Producción.

Se elaborará un descriptivo del cargo para cada puesto de trabajo dentro del personal administrativo. A continuación se describe cada uno de los cargos de manera general.

1. GERENTE GENERAL: Tendrá a su cargo la responsabilidad máxima del funcionamiento de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. y el cumplimiento de los objetivos y políticas de la empresa, para ello, debe llevar a cabo la gestión, la coordinación y la toma de decisiones sobre todas las actividades desarrolladas por la empresa.

En relación a la línea de producción de conformados de varilla será la persona encargada de aprobar toda gestión referente a ella. Además llevará el mando de la planta y autorizará cualquier acción que involucre a la misma. En el ANEXO N° 19 se puede apreciar el descriptivo del cargo completo para el Gerente General.

2. GERENTE COMERCIAL: Se encargará de manejar la relación con los clientes y de supervisar las ventas de los productos de conformados. También se encargará de la dirección del marketing y se incluye entre sus actividades la supervisión de la promoción y de la distribución de los productos.

En el ANEXO N° 19 se puede observar en detalle el descriptivo del cargo completo para el Gerente Comercial.

3. GERENTE DE PRODUCCIÓN: Será el responsable de la línea de producción de conformados de varilla de construcción, de esta misma manera, también será responsable del eficiente funcionamiento del área productiva de la planta.

El gerente de producción también promoverá y supervisará el cumplimiento de los sistemas de calidad en toda el área productiva y realizará el seguimiento de la evolución de los índices de productividad.

Por último, también se encargará de asignar las funciones y responsabilidades a cada una de las personas de su área, así como también establecerá las relaciones entre ellas. En el ANEXO N° 19 se puede encontrar el descriptivo del cargo completo para el Gerente de Producción en donde se detalla más a profundidad las responsabilidades de su cargo.

4. GERENTE ADMINISTRATIVO: Será el responsable máximo de las áreas de finanzas, administración, contabilidad, compras y recursos humanos de la planta. Además se encargará de los servicios generales de la empresa tales como seguridad, limpieza, mantenimiento de sistemas de uso general, etc.

Más específicamente y en relación a la línea de producción será el encargado de realizar notas de entrega, facturación a clientes, compras y pagos a proveedores, contabilidad, contratación de personal, etc. entre otras actividades administrativas. En el ANEXO N° 19 se puede apreciar el descriptivo del cargo completo para el Gerente Administrativo en donde se detallan todas sus responsabilidades.

5. JEFE DE COMERCIALIZACIÓN: Las actividades que desarrollará la persona responsable de este cargo serán la de gestionar los pedidos a planta, hacer y



enviar presupuestos, planificar y organizar las ventas, determinar los canales de distribución y promover los productos a comercializar.

Además dirigirá el buen funcionamiento de la red comercial a su cargo y diseñará y aplicará las políticas de precios y las condiciones de venta. En el ANEXO N° 19 se encuentra el descriptivo del cargo completo del Jefe de Comercialización el mismo que establece todas sus responsabilidades y tareas.

**6. JEFE DE LOGÍSTICA Y PRODUCCIÓN:** Tendrá como responsabilidades la organización y el seguimiento de la ejecución de todos los trabajos dentro del ciclo de producción, la planificación de la producción, la evaluación del rendimiento y efectividad de la mano de obra de la línea de producción, la planificación de los trabajos y cumplimiento de los plazos de entrega. Se contará con 2 Jefes de Logística y Producción, uno para cada turno.

También está dentro de sus funciones el liderar y seguir los avances en las acciones correctivas y preventivas en las áreas de productividad, calidad y medio ambiente. Además es obligación del cargo controlar el movimiento de materiales dentro de planta procurando optimizar esta actividad.

Además el jefe de logística y producción tendrá a su cargo la supervisión y el control de las actividades de almacenaje, tanto de materias primas como de productos terminados, así como también su entrega a los clientes. Para apreciar el descriptivo del cargo completo del Jefe de Logística y Producción se debe revisar el ANEXO N° 19.

**7. JEFE DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD:** Su función principal será la de procurar un adecuado mantenimiento de las maquinas y equipos existentes en la línea de producción así como también de las herramientas, materiales y equipos adicionales que permiten el desenvolvimiento normal de las actividades de producción.

También será responsable de promover, controlar y supervisar la implantación de sistemas de calidad en toda el área de producción, determinando además problemas relacionados con la calidad para completar aspectos que puedan contribuir a su mejora continua.

Por último lleva registro y elabora planes de mantenimiento y de control de calidad periódicos, de esta manera se maximizará la productividad y se evitará en lo posible paros de la maquinaria, así como también se minimizará la cantidad de productos considerados defectuosos. En el ANEXO N° 19 se puede apreciar el descriptivo del cargo completo para el Jefe de Mantenimiento y Control de Calidad.

8. SUPERVISOR DE BODEGA: Esta encargado del control total de todas las actividades relacionadas con la bodega así como de responsabilizarse del buen estado de los materiales, insumos, herramientas, repuestos, etc., existentes en bodega.

Debe saber en cualquier momento las existencias en bodega de cada uno de los artículos/productos a su cargo y en que sitio exacto de la bodega se encuentran, además debe velar porque el local de almacenamiento cumpla y reúna las condiciones óptimas de almacenamiento.

También debe llevar un control preciso de las entradas y las salidas de los materiales, de los proveedores y de los clientes que son generalmente otras áreas de la empresa.

Está también en la obligación de que exista un stock adecuado de repuestos y demás para cubrir las necesidades de las diferentes áreas de la empresa de manera inmediata.

Otra de sus obligaciones es elaborar los formatos de entrada y salida del almacén o bodega y verificar que estos documentos sean firmados por el responsable del recibo y/o despacho. En el ANEXO N° 19 se puede encontrar el descriptivo del cargo completo para el Supervisor de Bodega donde se detalla con mayor precisión todas las responsabilidades de su cargo.

#### PERSONAL OPERATIVO.

Para un adecuado y correcto funcionamiento de la línea de producción también es necesario el trabajo de personal operativo, es decir de los obreros de planta, que realicen las actividades de producción y generen valor agregado con su trabajo. Se necesitará del aporte de 30 personas en producción, 15 por cada

turno, para que la línea alcance los niveles de productividad y de calidad esperados. En cada turno se debe contar con 10 operarios de maquinas y equipos, 4 ayudantes y 1 técnico de mantenimiento, a continuación explicaremos el descriptivo del cargo de cada uno de los obreros que forman parte del personal operativo.

1. TÉCNICO DE MANTENIMIENTO: Ayudará en las labores de mantenimiento y control de calidad. Estará supeditado al Jefe de Mantenimiento y Control de Calidad y le ayudará en la consecución de los objetivos referentes al mantenimiento y al control de la calidad. Estará dispuesto para la ejecución del mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo de la maquinaria de la línea de producción y demás equipos en la planta y ayudará de la misma manera al control en la ejecución del sistema de calidad.

En el ANEXO N° 19 se puede apreciar el descriptivo del cargo completo para el Técnico de Mantenimiento donde se especificará en detalle las responsabilidades de su cargo.

2. OPERADOR DE LA SHEAR LINE 300: Este obrero estará a cargo de operar y controlar la máquina de corte de varillas Shear Line 300. Su principal trabajo consistirá en programar la máquina para una producción eficiente, evitando el desperdicio al máximo.

Además estará encargado de la tarea de clasificar y preparar las barras para su posterior despacho o para su posterior elaboración según sea el caso, esto lo realizará asistido por un ayudante. Otra de las tareas eventuales será la de cargar la máquina siempre que el ayudante no esté disponible.

En fin se trata de llevar el control sobre el proceso de elaboración de la máquina de corte y sobre el manejo de sus materias primas y sus productos terminados.

3. AYUDANTE PARA LA SHEAR LINE 300: Realizará la tarea de carga de varillas para la línea de corte y también ayudará en el empaquetamiento y preparación de las barras cortadas a medida para su posterior despacho al

cliente. Es parte de su trabajo además ayudar en la tarea de clasificación y ordenamiento de las barras que serán procesadas posteriormente.

4. OPERADOR DE LA ROBOMASTER 45/12: Su tarea será la de controlar el proceso de doblado de la máquina y programar la misma para realizar los dobleces necesarios en la varilla.

Existen 2 máquinas para este fin dispuestas en una configuración denominada “mirror” que permite ubicar los almacenes de productos terminados en la misma área o cercanos uno del otro para facilitar el despacho y así elevar la productividad, cada una de estas máquinas tendrá su operador el cual cargará la máquina, controlará el correcto funcionamiento de la máquina durante la fase del doblado y ordenará las varillas elaboradas en los almacenes de producto terminado.

5. AYUDANTE PARA ROBOMASTER 45/12: Será requerido específicamente para la ayuda al operador que controla la robomaster cuando se requiera la fabricación de estribos grandes y pesados y para ayudar a este en las labores de preparación del producto terminado para su despacho. Este ayudante trabajará para las dos robomaster de la línea de producción.

6. OPERADOR DE LA BAR WISER 22S/12 MULTIFEED: Existen 2 máquinas de este tipo dentro de la línea de producción y cada una de ellas contará con su operador que tendrá la tarea de controlar y programar la máquina para la elaboración de los conformados. Así mismo se encargarán de la carga de la máquina y de su puesta a punto para cada trabajo necesario.

Además deberán realizar la labor de ordenar los productos terminados y dejarlos listos para que sean despachados posteriormente.

7. OPERADOR DE LA BAR WISER 22N MULTIFEED: Se cuenta son 3 maquinas de este tipo en la línea de producción y cada una de ellas contará con su propio operador, el cual controlará y programará la máquina para producir los estribos que se necesiten según los pedidos establecidos.

Estos operarios también deberán cargar las máquinas y ponerlas a punto para cada trabajo que se desee realizar y para cada materia prima con que se desee trabajar.

Por último los operarios deberán realizar la tarea de ordenar los productos terminados y prepararlos para su posterior despacho.

8. OPERADOR PARA CARGA DE PRODUCTO TERMINADO: Este obrero debe realizar la tarea de cargar los camiones que llevarán los productos elaborados hacia el sitio de montaje de los mismos. Para esto se valdrá de los puentes grúas y montacargas, los cuales le ayudarán en la tarea de permitir la movilización de los paquetes de productos terminados con gran facilidad.

Cuando sea necesario este trabajador también ayudará en la tarea de empaquetado del producto terminado y en tareas de movilización de materiales dentro de los procesos de la línea de producción. Además estará dispuesto a realizar cualquier tarea adicional de ayuda en cualquier estación de trabajo.

9. AYUDANTE DE OPERADOR PARA CARGA DE PRODUCTO TERMINADO: Ayudará en las tareas de carga de producto terminado y estará en capacidad de realizar las mismas tareas designadas al operador para carga de producto terminado.

También estará presto para ayudar en cualquier otra área de la línea de producción.

10. OPERADOR DE DESCARGA DE MATERIA PRIMA: Se ocupará de realizar la descarga de los camiones que vienen con la materia prima, sean estas barras o rollos, utilizando los puentes grúas y montacargas disponibles, los mismos que facilitaran en gran medida el trabajo de descarga.

Este operador también se ocupará de ubicar las materias primas en los almacenes de las máquinas de tal manera que estas estén en todo momento listas para trabajar.

Otra tarea del operador será la de desempaquetar las barras y rollos que llegan a la planta, esta tarea la compartirá con los operadores de cada máquina.

Finalmente el operador deberá estar presto a ayudar en cualquier tarea adicional que se presente en cualquiera de las áreas de trabajo.

11. AYUDANTE DE OPERADOR DE DESCARGA DE MATERIA PRIMA: Este obrero servirá de ayuda para la descarga de materia prima y estará en capacidad de realizar las mismas tareas que realiza el operador de descarga de materia prima.

Además deberá ser de ayuda para cualquier tarea necesaria en cualquier área de la línea de producción.

En el ANEXO N° 19 se puede encontrar el descriptivo del cargo completo para los operadores de las máquinas y los operadores de carga y descarga de materiales a los cuales se les ha denominado personal de producción, y para sus ayudantes a los que se les ha denominado ayudantes de producción. En estos descriptivos se detallan con mayor profundidad las responsabilidades de estos cargos.

#### **4.5 REQUERIMIENTOS DE MATERIALES VARIOS Y HERRAMIENTAS**

Es importante para el correcto funcionamiento y desempeño de la línea de producción contar con herramientas y materiales que serán de utilidad ante cualquier eventualidad que se presente dentro de la planta.

Además se debe contar con partes y piezas de recambio para cada máquina de manera que se tenga a disposición repuestos cuando exista desgaste de las piezas móviles de las máquinas por el continuo uso de las mismas o se produzcan averías.

Se ha previsto, para un buen manejo del mantenimiento de la línea de producción, la compra de herramientas como llaves hexagonales, combos, martillos, rachas, palancas de fuerza, copas o dados, destornilladores, alicates, pinzas, etc. Adicional a estas herramientas se entregará todo lo necesario para el mantenimiento diario de la maquinaria por lo tanto se ha dispuesto la compra

de cajas de herramientas completas, de esta manera se pretende dar servicio inmediato a cada máquina en el caso de ser necesario.

También las maquinas cuentan con sus piezas de recambio, estas se encuentran especificadas y pueden ser apreciadas en la propuesta enviada por la empresa proveedora de la maquinaria SCHNELL en el ANEXO N° 8.

#### **4.6 SISTEMAS DE GESTIÓN**

Se entiende como sistemas de gestión al conjunto de etapas o a la estructura para la gestión y mejora continua de las políticas, los procedimientos y procesos de una organización o empresa.

Se ha considerado dentro del plan analítico el establecimiento de los sistemas de gestión más importantes para la empresa a cargo de la línea de producción de conformados de varilla de construcción, que promuevan el crecimiento continuo de la línea y sus mejoras en todas las áreas concernientes a la misma.

Además se pretende lograr los objetivos empresariales mediante una serie de estrategias que incluirán la optimización de los procesos, el enfoque centrado en la gestión y el pensamiento disciplinado.

En vista de la necesidad, las empresas que operan en el siglo XXI, se enfrentan a muchos retos significativos, entre ellos:

- Rentabilidad.
- Competitividad.
- Globalización.
- Velocidad de los cambios.
- Capacidad de adaptación.
- Crecimiento.
- Tecnología.

Equilibrar estos y otros requisitos empresariales puede constituir un proceso difícil y desalentador. Es aquí donde entran en juego los sistemas de gestión, al permitir aprovechar y desarrollar el potencial existente en la organización.

La implementación de un sistema de gestión eficaz puede ayudar a:

- Gestionar los riesgos sociales, medioambientales y financieros.
- Mejorar la efectividad operativa.
- Reducir costos.
- Aumentar la satisfacción de clientes y partes interesadas.
- Proteger la marca y reputación.
- Lograr mejoras continuas.
- Potenciar la innovación.
- Eliminar las barreras al comercio.
- Aportar claridad al mercado.

El uso de un sistema de gestión probado le permite a la empresa renovar constantemente su objetivo, sus estrategias, sus operaciones y niveles de servicio, con la finalidad de una mejora continua.

Es por estas razones que se ha visto la necesidad de generar un sistema de gestión que involucre el desarrollo continuo de las áreas operativas más importantes de la empresa, las cuales dirigirán el buen funcionamiento de la línea de producción de conformados.

#### **4.6.1 CADENA DE SUMINISTRO**

El sistema de gestión de la cadena de suministro o compras se establece a través de los procedimientos que se encuentran en el ANEXO N° 20, de acuerdo con los siguientes requerimientos de la Norma de Gestión ISO/TS-16949 (norma que establece los requisitos particulares para la aplicación de la Norma ISO 9001):

##### ***“7.4. Compras.***

###### ***7.4.1. Proceso de compras.***

***La organización debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados. El tipo y el grado del control aplicado al proveedor y al producto adquirido debe depender del impacto del***



***producto adquirido en la posterior realización del producto o sobre el producto final.***

***La organización debe evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecerse los criterios para la selección, la evaluación y la reevaluación. Deben mantenerse los registros de los resultados de las evaluaciones y de cualquier acción necesaria que se derive de las mismas.***

***Nota 1: Los productos comprados mencionados anteriormente, incluyen todos los productos y servicios que afectan a los requisitos del cliente, tales como el subensamblaje, la secuencia, la clasificación, el reproceso y los servicios de calibración.***

***Nota 2: Cuando haya fusiones, adquisiciones o estrechas asociaciones con los proveedores, la organización debería verificar la continuidad del sistema de gestión de la calidad de los proveedores y su eficacia.***

#### ***7.4.1.1. Conformidad con la legislación y reglamentación.***

***Todos los productos o materiales comprados utilizados en el producto deben ser conformes con los requisitos legales y reglamentarios aplicables.***

#### ***7.4.1.2. Desarrollo del sistema de gestión de la calidad del proveedor.***

***La organización debe promover el desarrollo del sistema de gestión de la calidad de los proveedores con el objetivo de que éstos cumplan esta especificación técnica. La conformidad con la Norma ISO 9001:2008 es el primer paso para alcanzar este objetivo.***

***Nota: El orden de prioridad de los proveedores para el desarrollo del sistema depende, por ejemplo, de su desempeño en materia de la calidad así como de la importancia del producto que suministra.***

***A menos que el cliente especifique lo contrario, los proveedores de la organización deben estar certificados según la Norma ISO 9001:2008 por un organismo de certificación de tercera parte acreditado.***

#### ***7.4.1.3. Fuentes de suministro aprobadas por el cliente.***

***Cuando se especifique en el contrato (por ejemplo: planos técnicos del cliente, especificaciones), la organización debe comprar productos, materiales o servicios a las fuentes de suministro aprobadas.***

***El uso de fuentes de suministro aprobadas por el cliente, incluyendo los proveedores de herramientas/calibres, no exime a la organización de su responsabilidad de asegurarse de la calidad de los productos comprados.***

#### ***7.4.2. Información de compras.***

***La información de las compras debe describir el producto a comprar, incluyendo, cuando sea apropiado:***

- a) los requisitos para la aprobación del producto, procedimientos, procesos y equipos,***
- b) los requisitos para la calificación del personal, y***
- c) los requisitos del sistema de gestión de calidad.***

***La organización debe asegurarse de la adecuación de los requisitos de compra especificados antes de comunicárselos al proveedor.***

#### ***7.4.3. Verificación de los productos comprados.***

***La organización debe establecer e implementar la inspección u otras actividades necesarias para asegurarse de que el producto comprado cumple los requisitos de compra especificados.***

***Cuando la organización o su cliente quieran llevar a cabo la verificación en las instalaciones del proveedor, la organización debe establecer en la información de compra las disposiciones para la verificación pretendida y el método para la liberación del producto.***

#### **7.4.3.1. Conformidad con los requisitos del producto a la recepción.**

**La organización debe tener un proceso que asegure la calidad del producto comprado utilizando uno o más de los métodos siguientes:**

- **recepción y evaluación de datos estadísticos por la organización;**
- **inspección y/o ensayos a la recepción, tales como muestreos basados en los resultados;**
- **evaluaciones o auditorias por segunda o tercera parte de los lugares de fabricación de los proveedores, acompañadas de registros de aceptación de la calidad del producto entregado;**
- **evaluación de piezas por un laboratorio designado;**
- **otro método acordado con el cliente.**

#### **7.4.3.2. Seguimiento del proveedor.**

**El desempeño del proveedor debe seguirse a través de los indicadores siguientes:**

- **conformidad con los requisitos del producto entregado,**
- **interrupciones al cliente, incluyendo devoluciones del mercado,**
- **desempeño del calendario de entregas (incluyendo los incidentes de suplementos por fletes extraordinarios),**
- **notificaciones del cliente de situaciones especiales relativas a cuestiones de calidad o entregas.**

**La organización debe promover el seguimiento del desempeño de los procesos de fabricación del proveedor.”**

Los recursos humanos asignados para el área encargada de compras son el personal necesario para elaboración, planificación, organización, implantación y registro de los procedimientos de compra, pronósticos de compras y evaluación, selección y desarrollo de proveedores, por lo que se recomienda el trabajo conjunto del Gerente Administrativo con el Jefe de Mantenimiento y Control de Calidad para alcanzar las metas y objetivos esperados para estos procedimientos.

Para un funcionamiento adecuado del área de compras se ha previsto el desarrollo de tres procedimientos que cubren el campo de acción necesario para que el trabajo dentro de esta área sea el más ágil y eficiente posible. En cada uno de los procedimientos se establecen responsabilidades y tareas que se deben realizar para un eficiente desempeño del sistema de gestión de la cadena de suministro. Los tres procedimientos son el Procedimiento de Evaluación, Selección y Desarrollo de Proveedores, el Procedimiento de Compras y el Procedimiento de Pronóstico de Compras, los cuales se describen de manera general a continuación.

Dentro del Procedimiento de Evaluación, Selección y Desarrollo de Proveedores se establecen los procedimientos y tareas a realizar para asegurar que los proveedores de materiales y servicios tengan la capacidad para cumplir con los requisitos solicitados por la empresa.

Se determinan las responsabilidades en los procesos de evaluación, así como también los procedimientos para la evaluación de los proveedores los que consistirán en evaluaciones técnicas y evaluaciones del sistema de calidad del proveedor para que estos puedan ser aceptados como proveedores regulares. Además se especifican las evaluaciones del desempeño de los proveedores una vez que estos hayan sido aceptados y de la misma manera su reevaluación, también se promueve el desarrollo del sistema de gestión de calidad de los proveedores.

El procedimiento de compras especifica las actividades a realizar para asegurar que los productos adquiridos estén conformes con los requerimientos especificados y que sean suministrados por proveedores evaluados y aprobados. Se establecen las responsabilidades y los criterios para la realización de la compra, dichos criterios deben especificar las características de los materiales a comprar, las especificaciones de los documentos necesarios para la compra, los procedimientos a seguir antes y después de la realización de la compra, la verificación de los productos comprados, el proceso a seguir para la compra de otros materiales que no participen directamente en el proceso de manufactura, las directrices para la contratación

de servicios y las actividades a realizar para el desarrollo de productos nuevos que requieren de la compra de nuevas materias primas.

En el procedimiento de pronóstico de compras se describe las actividades y procedimientos a efectuar para asegurar que las materias primas, suministros e insumos estén disponibles en planta para cumplir con los planes de producción, para esto es necesario la elaboración de los pronósticos de compra, que se determinan a través de los pronósticos de producción y estos a su vez de los pronósticos de ventas y que además se debe tomar en cuenta el flujo de caja mensual para lograr el objetivo propuesto por la empresa de cero paradas de producción por falta de materiales para la fabricación.

Todos estos procedimientos anteriormente enunciados se deben ajustar a las necesidades de la línea de producción una vez que se adquiera la maquinaria y se tenga una experiencia en producción de por lo menos un año.

#### **4.6.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

El sistema de gestión de mantenimiento se establece a través del procedimiento que se encuentra en el ANEXO N° 21, de acuerdo con los siguientes requerimientos de la Norma de Gestión ISO/TS-16949.

##### ***“7.5.1.4. Mantenimiento preventivo y predictivo.***

***La organización debe identificar los equipos clave del proceso y proporcionar recursos para el mantenimiento de máquinas/equipos y debe desarrollar un sistema planificado y eficaz de mantenimiento preventivo total. Como mínimo, este sistema debe incluir lo siguiente:***

- ***Las actividades de mantenimiento planificadas.***
- ***El embalaje y la preservación de equipos, herramientas y calibres.***
- ***La disponibilidad de piezas de repuesto para equipos clave de fabricación.***
- ***La documentación, la evaluación y la mejora de los objetivos de mantenimiento.***

***La organización debe utilizar los métodos de mantenimiento predictivo para mejorar de forma continua la eficacia y eficiencia de los equipos de producción.”***

Los recursos humanos asignados para el departamento de mantenimiento son el personal necesario para la planificación, ejecución y registro de las tareas planificadas en el plan de mantenimiento, por lo que es recomendable tener un jefe de mantenimiento que se reporta a la gerencia de producción y un técnico de mantenimiento que se ocupará de las tareas de mantenimiento tanto eléctrico como mecánico.

Debido a que las máquinas de este proceso productivo tienen herramientas de recambio, se debe considerar la posibilidad de asignar recursos para establecer un taller de mantenimiento con un equipo mínimo, un torno, suelta y herramientas menores necesarias para las intervenciones de mantenimiento preventivo.

En el procedimiento se establecen responsabilidades y tareas que se deben llevar a cabo durante la gestión de mantenimiento, los planes de acción y programas de mantenimiento preventivo y predictivo se deben elaborar una vez que se tenga la información del fabricante.

Las líneas de proceso, así como repuestos y equipos clave se definen en el procedimiento, sin embargo una lista de equipos y partes de repuesto se debe elaborar una vez que el fabricante sugiera un listado de kits de reparación y equipos.

El objetivo de mantenimiento propuesto es cero paradas por falta de mantenimiento, sin embargo la meta alcanzable deberá ser establecida una vez que se tenga experiencia de al menos un año de operación de la planta y equipos seleccionados.

#### **4.6.3 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

El sistema de gestión de programación de la producción se define a través del procedimiento que se encuentra en el ANEXO N° 22, de acuerdo con los siguientes requerimientos de la Norma de Gestión ISO/TS-16949.

***“7.1. Planificación de la realización del producto.***

***La organización debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto. La planificación de la realización del producto debe ser coherente con los requisitos de los otros procesos del sistema de gestión de la calidad.***

***Durante la planificación de la realización del producto, la organización debe determinar, cuando sea apropiado, lo siguiente:***

***a) los objetivos de la calidad y los requisitos para el producto,***

***b) la necesidad de establecer procesos y documentos, y de proporcionar recursos específicos para el producto,***

***c) las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo/prueba específicas para el producto así como los criterios para la aceptación del mismo,***

***d) los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos.***

***El resultado de esta planificación debe presentarse de forma adecuada para la metodología de operación de la organización.”***

Los recursos humanos asignados para la programación de la producción son el personal necesario para realizar las tareas de planificación, coordinación y ejecución de las actividades de manufactura en la línea de producción. El trabajo realizado por el personal tiene como finalidad aprovechar y optimizar los recursos operativos para asegurar el abastecimiento de producto terminado al cliente, por lo que se recomienda contar con un jefe de logística y producción el cual se reporta al gerente de producción y además se encarga de supervisar a los operadores de las máquinas y sus ayudantes así como también a los despachadores y recibidores y sus ayudantes.

El jefe de logística y producción tendrá la mayor responsabilidad en el cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión de programación de la producción, por lo cual se ocupará de supervisar que todos los procedimientos e instructivos relacionados a la programación de la producción se cumplan, de esta manera, como se dijo anteriormente, se garantiza el abastecimiento de los productos terminados a los clientes.

Para lograr dicho objetivo el jefe de logística y producción elaborará un procedimiento para la programación de la producción en donde se establecen las responsabilidades y las tareas a realizarse para una producción efectiva y eficiente, aprovechando al máximo los recursos operativos.

Los planes mensuales de manufactura serán la base para la obtención de la producción necesaria para cubrir las necesidades de los clientes, estos se cumplen gracias a su elaboración por parte del jefe de logística y producción y a su implantación por parte del personal operativo de la línea de producción bajo su supervisión.

Para la correcta implantación de los planes de manufactura las diferentes partes involucradas en el proceso de producción deberán reunirse para establecer las responsabilidades y las actividades a realizarse diariamente. Deberán elaborarse así mismo documentos que especifiquen las actividades a realizarse y finalmente se elaborarán documentos que presenten los resultados de la aplicación del plan de manufactura de tal manera que se pueda trabajar en la mejora continua de los procesos de producción.

Todos los datos obtenidos como resultado de la aplicación del plan de manufactura se deberán presentar mediante herramientas estadísticas y gráficas al grupo gerencial para su análisis y posterior toma de decisiones. Se deberá contar además con un plan de contingencia para contrarrestar eventos no deseados e imprevistos. Sin embargo el procedimiento detallado en el anexo deberá ser ajustado a la realidad una vez que la línea de producción se encuentre totalmente operativa.



# **CAPÍTULO 5 DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INTEGRAL**

## **5.1 SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Es importante que la planta donde estará ubicada la línea de producción de conformados de varilla de construcción cuente con instalaciones que sean seguras con la finalidad de salvaguardar la integridad física de los trabajadores así como también la seguridad de las propias instalaciones.

Para ello es necesario tomar en cuenta la seguridad industrial dentro de la planta la cual establece las normas, actividades y prevenciones que se deben tomar en cuenta para evitar accidentes o situaciones de peligro.

Dentro del procedimiento que se encuentra en el ANEXO N° 23 se detallan las responsabilidades y actividades a realizarse para evitar riesgos de accidentes de los trabajadores y daños que puedan afectar a las instalaciones.

El objetivo de este procedimiento es establecer las actividades tendientes a prevenir accidentes, eliminando las causas asociadas a los mismos de manera que se reduzca la frecuencia y severidad de estos eventos no deseados.

Con esta finalidad se establecieron las responsabilidades del personal que labora en la planta, en este contexto se eligió a una persona para que coordine las actividades de seguridad industrial al cual se le denominó Coordinador del Proceso de Gestión de Seguridad Industrial el mismo que será responsable de la implantación y ejecución de las actividades relacionadas a la seguridad industrial en la planta.

Se prevé que el Coordinador del Proceso de Gestión de Seguridad Industrial en conjunto con otras personas del personal administrativo y operativo de la planta conformen un Comité de Seguridad Industrial, el cual se reunirá periódicamente para analizar e investigar eventos accidentales ocurridos, así como también definir acciones y actividades planificadas para eliminar riesgos de accidentes. De todas maneras todo el personal de la planta es responsable por la seguridad industrial dentro de las instalaciones.

También se identificaron los riesgos de accidente dentro de la planta de conformados de tal manera que todo el personal de trabajo este informado sobre los riesgos existentes.

Otro aspecto que se consideró fue el de documentar y guardar registro de los accidentes suscitados en la planta de esta manera se puede determinar con mayor facilidad las acciones correctivas o preventivas para evitar los accidentes. Además se determinaron los métodos de prevención de accidentes que son los planes y controles que se realizan para evitar los accidentes.

Adicionalmente se mencionan las actividades de organización en planta las mismas que establecen las tareas requeridas en la operación y mantenimiento de la planta de manera que estas tareas sean realizadas de manera segura, y como complemento se realizarán actividades que permitan la evaluación periódica del ambiente de trabajo.

Se detalló la seguridad física en cuanto a sus horarios y responsabilidades y por último se establece que debe existir la señalización adecuada dentro la planta para cumplir con los requisitos de seguridad industrial establecidos por los organismos gubernamentales.

Todas estas actividades están descritas con mayor profundidad y detalle en el Procedimiento del Sistema de Gestión de Seguridad Industrial el cual se lo puede observar en el ANEXO N° 23.

## **5.2 SEGURIDAD AMBIENTAL**

El Sistema de Gestión de Seguridad Ambiental también fue considerado dentro de este proyecto ya que en la actualidad se lo considera parte fundamental dentro de la planificación empresarial, por este motivo se ha desarrollado un Procedimiento de Gestión de Seguridad Ambiental el cual puede ser apreciado en el ANEXO N° 24 donde se establecen las responsabilidades, acciones y consideraciones a ser tomadas en cuenta para la implantación del programa de gestión de seguridad ambiental.

La F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. con su línea de producción de conformados de varilla de construcción se compromete al manejo adecuado de sus políticas en materia de salud, seguridad y medio ambiente como parte integral de los negocios y se identifica con el cuidado del medio ambiente y el ahorro de los parámetros involucrados en los procesos productivos, dando así fe de nuestro compromiso con el medio ambiente y la comunidad.

El objetivo principal perseguido por la empresa, en materia ambiental, es establecer un Programa de Gestión Ambiental (PGA), que a través de la auditoría energética permita planificar, implementar, monitorear, medir, verificar y revisar el desempeño ambiental de la planta de producción de conformados de varilla de construcción, tanto en sus actividades, como en sus productos y servicios a través de normas legales y ambientales.

Para poder alcanzar el objetivo propuesto, la empresa necesita hacer uso eficiente de los recursos energéticos pertenecientes a la planta. La política ambiental de la empresa la compromete a realizar esfuerzos permanentes para prevenir las descargas contaminantes hacia el aire, agua o tierra y a minimizar la cantidad y toxicidad de los desperdicios generados durante los procesos de manufactura.

El personal de planta recibirá capacitación acerca de las políticas ambientales de la empresa y sobre la aplicación del programa de gestión ambiental llevado a cabo por la empresa, de esta forma se establece un compromiso total por parte del personal de la planta. Es también importante el cumplimiento de leyes, reglamentos, normas y ordenanzas locales para la prevención y el control de la contaminación de esta manera se certifica que la empresa funcione legalmente.

Los objetivos específicos que persigue la F.M.S.B Santa Bárbara S.A. con su línea de producción de conformados son: reducir los desperdicios de los procesos y reducir los consumos de energía. Para el cumplimiento de estos objetivos se establecerá el desarrollo del Plan de Manejo de Desperdicios y el Plan de Manejo Ambiental. El aporte de las actividades realizadas a través de

estos planes de control evidencia la importancia que tiene para la empresa el cuidado del medio ambiente.

Además se establecieron las consideraciones a tomarse en cuenta para la implantación del Sistema de Gestión Ambiental, estas consideraciones ambientales nos permiten a través del cumplimiento de las mismas, proteger la salud humana y el medio ambiente de los impactos potenciales de las actividades industriales de la planta.

Se establecen además las responsabilidades para el desempeño de las actividades del Programa de Gestión Ambiental, para lo cual se cuenta con el Gerente de Producción y el Jefe de Mantenimiento y Control de Calidad quienes son responsables de la planificación de las actividades y la ejecución de las mismas, también se tiene al Técnico de Mantenimiento quien será responsable de ejecutar las actividades para la obtención de datos en equipos y maquinaria de la planta.

Otras actividades como la toma de decisiones sobre los equipos estarán a cargo del Jefe de Mantenimiento y Control de Calidad, y la presentación de alternativas para mejorar el estado actual energético y ambiental de la planta estará a cargo del Gerente de Producción y el Jefe de Mantenimiento y Control de Calidad.

En el Procedimiento de Gestión de Seguridad Ambiental que se encuentra en el ANEXO N° 24, se especifican con más detalle estas y otras actividades a ser consideradas en el Plan de Gestión Ambiental, una vez establecida la planta se deberá aplicar el procedimiento mencionado, de manera que se cuenta de antemano con una planificación para el Sistema de Gestión Ambiental el cual puede ser aprovechado por el personal que trabaje en planta una vez que el proyecto se haga realidad.

## **CAPÍTULO 6 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO**

En el estudio del proyecto de diseño y selección de una línea de producción de conformados de varilla de construcción con una capacidad de 50000 toneladas por año para la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A., se considera como fundamental el desarrollo del análisis de la rentabilidad que el proyecto generaría al ser implantado. Para esto se consideraron todos los aspectos económicos y financieros que serían necesarios considerar para realizar un correcto cálculo de la rentabilidad del proyecto.

Para el análisis del rendimiento del proyecto se ha establecido en el estudio una proyección de 10 años.

En vista de gran cantidad de información contenida en el cálculo de la rentabilidad del proyecto se ha considerado conveniente ubicar el análisis económico y financiero en el ANEXO N° 25, en el presente capítulo se realizará una descripción de los aspectos más importantes y relevantes del mismo.

Es necesario dar a conocer que los datos del análisis están organizados en tablas, las mismas que serán descritas de tal manera que sea comprensible la información contenida en ellas y se logre definir con claridad la manera como se encuentra organizada dicha información.

### **6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Primeramente se tomarán en cuenta las variables económicas incluidas en el análisis del proyecto, dentro de estas se tienen los costos de inversión y los costos operativos los cuales se describen a continuación.

#### **6.1.1 COSTOS DE INVERSIÓN**

Se define a los costos de inversión como las inversiones necesarias para operar la planta desde los puntos de vista de producción, administración y ventas. Para el desarrollo de la tabla de costos de inversión se ha considerado el capital necesario para cubrir los costos de construcción de las instalaciones,

adquisición de la maquinaria y equipos, compra del equipo de transporte y compra de los equipos y mobiliarios para los servicios administrativos y de ventas. En el ANEXO N° 25, página 2, numeral 4, se puede apreciar la tabla correspondiente a las inversiones en donde se detallan los costos de inversión.

En la tabla se ha considerado el rubro de equipos complementarios, dentro del cual están considerados los costos de los equipos y herramientas de apoyo para la producción como son el sistema de aire comprimido, el sistema eléctrico, los puentes grúa y las herramientas para mantenimiento.

En el rubro de terreno se ha considerado el valor por metro cuadrado de terreno, así mismo para la nave industrial se tiene el valor del metro cuadrado de construcción y para el rubro de cerramiento se estima el precio por metro lineal instalado.

Finalmente se presentan los valores correspondientes a la depreciación de la maquinaria, equipos, mobiliarios, etc.; y los valores de mantenimiento, donde corresponda. En el ANEXO N ° 25, página 2, numeral 4, se presentan todos los costos de inversión que se requieren para la implantación de la planta de conformados.

### **6.1.2 COSTOS OPERATIVOS**

Dentro del análisis de los costos operativos se han estimado los sueldos de cada empleado que labora en la planta pues los costos operativos se refieren a los costos que involucran el pago de la mano de obra. A este personal de planta se lo ha clasificado en tres grupos: personal de producción, personal administrativo y personal de distribución y ventas, cada grupo corresponde a un departamento dentro de la empresa.

En el ANEXO N° 25, página 3, numeral 5 se puede apreciar la tabla donde se especifican los costos operativos del proyecto, los cuales como ya se mencionó hacen referencia a los costos de la mano de obra de la planta conformados.

## **6.2 ANÁLISIS FINANCIERO**

Para realizar el análisis financiero del proyecto se debe hacer el análisis de los costos directos y los costos indirectos del proyecto.

### **6.2.1 COSTOS DIRECTOS**

Los costos directos se refieren a los costos de la materia prima que será utilizada para la elaboración de los conformados.

La materia prima a ser procesada será adquirida por toneladas, además se ha estimado que existirá un 8% de desperdicios, es decir que las toneladas de materia prima que se adquieran (varillas rectas y en rollos) tendrán que ser un 8% mayor a las toneladas de producto terminado (conformados) que se encuentran listos para despacho. En la tabla que se presenta en el ANEXO N° 25, página 4, numeral 6, se puede identificar este incremento del 8% para la compra de materia prima en el casillero correspondiente al peso unitario el cual tiene el valor de 1.08, se considera 1 tonelada como la unidad de compra o venta.

Además para el análisis de los costos directos o materias primas se estableció el precio de la materia prima en \$1112.40, este es el precio al que ANDEC venderá sus productos (varilla recta y en rollos), en este precio ya se encuentra incluido el descuento (9%) hecho a la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. por motivo de pertenecer ambas empresas al mismo grupo empresarial.

Por último para concluir con este análisis de costos directos se debe conocer que se pretende aumentar progresivamente la capacidad de producción de la planta de tal manera que para el año 4 la línea de producción ya se encuentre produciendo al 100% de su capacidad, es decir 50000 toneladas, como se debe comprar un 8% más de lo que se produce se tiene 55000 toneladas de materia prima para procesar en el año 4. Para los años 1, 2 y 3 la producción y las compras de materia prima se incrementarán en 25%, 50% y 75% respectivamente, hasta llegar a su 100% para el cuarto año.

Todos estos aspectos pueden ser apreciados en la tabla de Materias Primas que se encuentra en el ANEXO N° 25, página 4, numeral 6, de esta manera se puede verificar la información que aquí se describe.

### **6.2.2 COSTOS INDIRECTOS**

Dentro de este rubro se toman en consideración dos análisis de costos:

El primero es el análisis de los suministros, insumos y costos de producción, llamados “Otros Costos Variables” en la tabla que se presenta en el ANEXO N° 25, página 5, numeral 7 del análisis económico y financiero. El segundo es el análisis de los suministros, insumos y gastos de administración y ventas llamados “Gastos de Administración” en la tabla respectiva que se presenta en la misma página 5, numeral 8 del ANEXO N° 25.

Los aspectos importantes a ser considerados en las tablas de la página 5 del análisis económico y financiero (ANEXO N° 25) se explican a continuación:

- El valor o precio del kilovatio hora para el sector industrial es de \$0.061 considerando las horas en las cuales se desea laborar en la planta, este dato fue proporcionado por la empresa eléctrica.
- El costo de producir una tonelada de conformados de varilla de construcción es de \$0.86.
- El costo del consumo eléctrico por año varía conforme se produce mayor cantidad de productos elaborados, a partir del año cuatro el costo del consumo eléctrico se mantiene constante.
- Se estima un gasto de \$100 mensuales para la compra de lubricante para las máquinas.
- Conforme se aumenta la producción se consume más lubricante es por esto que en la tabla se puede apreciar un aumento en el costo anual del lubricante hasta el cuarto año luego del cual el costo por este rubro se mantiene constante.



- Se estableció que los conformados elaborados serán preparados para su despacho en paquetes de 50 kg (0.05 ton) es decir que por cada tonelada habrán 20 paquetes de productos terminados y que el costo de los materiales de embalaje para cada paquete es de \$0.05.
- Los costos en la tabla de Gastos de Administración y Gastos de Venta (ANEXO N° 25, página 5, numeral 8), se obtienen al establecer un valor mensual para el costo y luego multiplicando por 12 para conocer su valor anual el cual se mantiene constante a lo largo de los diez años de proyección del estudio, sin embargo existen dos rubros que se calculan de manera diferente el primero de ellos es el seguro de activos el cual se estableció como el 1% del costo de la inversión en activos fijos, siendo este, el valor a desembolsar para cada año proyectado y el segundo es el costo de la publicidad que se estableció como el 2.5% de las ventas totales, este valor deberá ser descontado anualmente, y dependerá de la estrategia de marketing definida por la empresa.

En el ANEXO N° 25, página 5, se encuentran detallados todos los costos indirectos que se derivan del proyecto, los mismos que pueden ser apreciados con mayor detenimiento en las tablas elaboradas específicamente para el análisis de estos costos.

### **6.2.3 ANÁLISIS DE TIR Y VAN**

Para el análisis del TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto), se realizaron otras tablas adicionales a las ya analizadas con la finalidad de completar la información necesaria para hacer el cálculo del TIR y el VAN.

En la página 1, numeral 1 del ANEXO N°25 se encuentra la tabla con los Datos de Entrada del proyecto, en esta se puede apreciar los datos referentes a la moneda utilizada para hacer los análisis del proyecto, el plazo de proyección del proyecto, el tipo de cambio en caso de que la moneda sea otra diferente del dólar, la inflación a considerarse, el aporte propio o el préstamo de capital dependiendo si el aporte es propio de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. o

si el capital se lo obtiene mediante préstamo o una combinación de ambos aportes según sea el caso, la tasa de interés a ser considerada y las deducciones que estarían contempladas por la participación de los trabajadores y el impuesto a la renta.

En el numeral 2, página 1 del ANEXO N° 25 se aprecia una pequeña tabla de Mercado la misma que nos indica datos de consumo de varillas corrugadas para construcción en años precedentes al actual, a los que se considera años históricos, además el consumo del año actual y el de tres años proyectados como referencia.

En el numeral 3, página 1, ANEXO N° 25 se puede apreciar la tabla de Ventas la cual nos indica el volumen de ventas esperado para los diez años de proyección (las unidades con las que se realiza el análisis son las toneladas métricas), los precios unitarios a considerarse (precio por tonelada métrica) y el total de ventas netas en dólares americanos para cada uno de los diez años proyectados.

Con las tablas de Datos de Entrada, Mercado y Ventas consideradas en este apartado y las demás tablas de Costos de Inversión, Costos Operativos, Costos Directos y Costos Indirectos consideradas en los apartados anteriores se procede a realizar los cálculos del TIR Y el VAN, a partir del análisis de una serie de datos en varias tablas que se las describe a continuación.

1. Estado de Resultados Proyectados: Esta tabla se encuentra en la página 6, numeral 9 del ANEXO N° 25 y nos sirve para encontrar la Utilidad Neta de cada uno de los diez años de proyección del proyecto, para esto se considera una inflación promedio del 5% para cada año.

El análisis parte del Total de Ventas Netas de cada año, valores que se obtienen de la tabla del numeral 3, página 1, a estos valores se les restan los valores de Gastos/Costos Variables los cuales son la suma de los costos de Materias Primas y Otros Costos Variables, el resultado es el Margen de Contribución.

Al Margen de Contribución se le resta de los Costos Fijos de Producción el cual toma en cuenta los valores de Depreciación/Amortización, Mano de Obra de planta o personal de producción y los costos de Mantenimiento y se obtiene La Utilidad Bruta.

De la Utilidad Bruta se debe restar los Gastos de Ventas y Administración los cuales contemplan los sueldos para el personal de Administración y personal de Distribución y Ventas y los Gastos de Administración, una vez realizada la resta se obtiene la Utilidad en Operaciones.

A la Utilidad en Operaciones se le resta los gastos de Locales y los Gastos Financieros. Los gastos de Locales no existen ya que la planta será de propiedad de la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. y los Gastos Financieros son los intereses a pagar por el préstamo realizado, el presente proyecto es 100% financiado por el Holding Dine el cual hace el préstamo al 12% de interés anual y se ha establecido que el préstamo será pagado en cuatro años. Una vez realizada la resta se tienen las Utilidades Antes de Impuestos y Participación de los Trabajadores.

Luego a las Utilidades Antes de Impuestos se le restan la Participación de los Trabajadores y el Impuesto a la Renta. La Participación de los Trabajadores es el 15% de las Utilidades Antes de Impuesto, y el Impuesto a la Renta es el 25% del resultado de la resta de las Utilidades Antes de Impuesto menos la Participación de los Trabajadores. Una vez realizada la deducción de los impuestos se obtiene la Utilidad Neta para cada año proyectado.

Una vez establecida la Utilidad Neta para cada año del estudio se procede a hacer el análisis de la Proyección de la Inversión y Retorno.

2. Proyección de la Inversión y Retorno: Esta tabla se encuentra en la página 7 (numeral 10) del ANEXO N° 25 y permite calcular el Capital de Trabajo, la Inversión Fija Neta y en última instancia el Total de Activos Netos.

El Capital de Trabajo se lo calcula realizando la siguiente operación: se suman los valores correspondientes a Caja Bancos, Cuentas por Cobrar e Inventarios

y se restan los valores de Cuentas por Pagar a Proveedor y Otras Cuentas por Pagar, el resultado obtenido es el Capital de Trabajo.

El Valor de Caja Bancos es el 1% de las ventas totales esperadas, el valor de Cuentas por Cobrar es el equivalente a 30 días de ventas netas más un 10% de ese valor, el dinero contemplado en Inventarios corresponde a 45 días de Gastos y Costos Variables, el valor correspondiente a Cuentas por Pagar a Proveedores es el equivalente a 30 días de compra de materia prima (varillas rectas y en rollos) y el dinero requerido para Otras Cuentas por Pagar resulta de la suma de los impuestos que se deben pagar, es decir la Participación de los Trabajadores (15%) más el Impuesto a la Renta (25%) valores que ya se calcularon anteriormente.

Para calcular la Inversión Fija Neta primeramente se debe establecer el valor Total de la Inversión Fija la misma que se encuentra calculada en la página 2 (numeral 4) del ANEXO N° 25, sin embargo también se lo detalla en la página 7 (numeral 10) del mismo anexo. A este valor del Total de la Inversión Fija Neta se le resta la depreciación (calculada en la página 2, ANEXO N°25) en cada año de proyección de la siguiente manera: al Total de la Inversión Fija se le resta la depreciación calculada y se obtiene la Inversión Fija Neta para el año 1, luego al valor que queda de esta resta se le vuelve a restar la depreciación calculada para obtener la Inversión Fija Neta del año 2 y así sucesivamente hasta el décimo año de proyección donde finalmente queda un valor al cual se lo denomina comúnmente Valor de Salvamento que es el valor de la inversión fija luego de diez años de depreciación.

Por último se calcula el Total de Activos Netos que es la suma de la Inversión Fija Neta más el Capital de Trabajo para cada año de proyección. También se establece el Promedio de Activos Netos Totales que es el promedio del Total de Activos Netos desde el primer año de proyección hasta el año para el cual se realiza el cálculo. Para mayor detalle de las tablas descritas en esta sección diríjase al ANEXO N° 25, página 7, numeral 10, en donde se puede apreciar los datos utilizados y los cálculos realizados con los cuales se obtuvo el Total de Activos Netos.

3. Flujo de Caja Proyectado: Esta tabla se encuentra en el ANEXO N° 25 página 8, numeral 11 y nos permite establecer los valores del FLUJO NETO DE FONDOS el mismo que nos permite a su vez hacer el cálculo del TIR y el VAN.

Para determinar el Flujo Neto de Fondos se empieza por establecer los valores de la Utilidad Neta para cada año de proyección a estos valores se les suma la depreciación correspondiente a cada año para obtener el Flujo Neto Operacional.

Al Flujo Neto Operacional se le debe sumar el Total de Ingresos y restar el Egreso de Fondos para obtener el Flujo Neto de Fondos.

Dentro del Total de Ingresos se tiene los Ingresos Financieros y Otros Ingresos, los Ingresos Financieros se refieren a los ingresos por Aporte Propio, Financiamiento y Otros; y los Otros Ingresos se refieren a cualquier otro ingreso de capital para la empresa.

Los Egresos de Fondos se calculan sumando las Inversiones Fijas Iniciales, Nuevas Compras de Activos Fijos, Variación de Capital de Trabajo y los Egresos Financieros que son el Préstamo Bancario y el Pago a Dividendos.

Las Inversiones Fijas Iniciales se refieren al Total de Inversión Fija es decir la inversión inicial para el proyecto.

Las Nuevas Compras de Activos Fijos se refieren a compras de activos fijos nuevos realizadas durante los diez años de estudio.

La Variación del Capital de trabajo se calcula restando el capital de trabajo del año que se desea analizar menos el capital de trabajo del año anterior.

El Préstamo Bancario es el pago de la cantidad de dinero que fue financiada por el Holding Dine sin contar con los intereses, este pago se estableció que se realizará desde el año 2, pues se pretende obtener un año de gracia antes del primer pago y se terminará de cancelar en el año 5. A estos valores del Préstamo Bancario se le denomina comúnmente Pago a Principal.

El Pago a Dividendos es el porcentaje de la utilidad neta que será destinada para el inversionista, se calcula a partir del sexto año y será la mitad de la utilidad neta del año anterior para cada año hasta el décimo año de proyección, el cálculo se lo realiza de esta manera ya que se prevé pagar las obligaciones financieras de la empresa antes de comenzar a realizar el pago a dividendos, de esta manera se le da un alivio financiero a la empresa.

Una vez establecidos todos los datos y como ya se mencionó anteriormente, se resta el Total de Ingresos con los Egresos de Fondos y se obtiene el Flujo Neto de Fondos, además se calcula como información adicional el Flujo de Caja Acumulativo que es la suma del Flujo Neto de Fondos del año actual mas la suma de los Flujos Netos de Fondos de los años anteriores para cada año a analizarse.

En el ANEXO N° 25, página 8, numeral 11 se encuentran detallados todos los datos del Flujo de Caja Proyectado y los resultados obtenidos a partir de ellos.

4. Índices Económicos y Financieros: Esta tabla se la encuentra el ANEXO N° 25, página 8, numeral 12 y contiene los resultados del TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto), entre otros índices económicos y financieros y el cálculo del punto de equilibrio para cada año de proyección. Sin embargo para evaluar el proyecto presente los valores a ser considerados son los correspondientes al TIR y al VAN, ya que estos nos permiten conocer si la inversión a realizarse es económicamente rentable.

Tanto el TIR como el VAN, están calculados en base a los valores del Flujo Neto de Fondos y representan:

- TIR (Tasa Interna de Retorno): Es la tasa de rendimiento de la inversión realizada, es decir representa el porcentaje del rendimiento de la inversión.
- VAN (Valor Actual Neto): Determina si se obtiene o no ganancias a lo largo de los años de estudio, es decir si la empresa aumenta o no su patrimonio a lo largo del horizonte de proyección.

Estas técnicas de evaluación económica y financiera son utilizadas para evaluar la factibilidad de los proyectos de inversión como es el caso del presente proyecto en el cual se estudia la factibilidad económica y financiera para la implantación de una línea de conformados de varilla de construcción.

5. Datos del Financiamiento: Esta tabla se encuentra en el ANEXO N° 25, página 9, numeral 13 y proporciona información sobre el financiamiento del proyecto como el pago a principal, el pago de intereses, los periodos a tomarse en cuenta para realizar los pagos y las cantidades totales a ser canceladas en cada periodo.

### **6.3 DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN**

Para el presente proyecto de inversión se obtuvo una TIR de 18.46% que es superior a la tasa de descuento del 12%, por lo tanto es recomendable invertir. Esto quiere decir que financiera y económicamente se acepta la inversión ya que el rendimiento de la empresa (18.46%) es mayor que el mínimo fijado como aceptable (12%), por esto se concluye que la inversión es económicamente rentable.

El VAN obtenido tiene como resultado un valor de \$ 2.013.399,00 con el cual el proyecto se acepta. Como criterio de aceptación se tiene que si el VAN es positivo o mayor a cero, sin importar cuánto supere a cero ese valor, esto solo implica una ganancia extra después de ganar la tasa de descuento aplicada a lo largo del periodo considerado, es decir que si el VAN es positivo, significa que se obtiene ganancias a lo largo de los diez años de estudio por un monto igual a la tasa de descuento aplicada más el valor del VAN.

Una vez establecido que el VAN es positivo se acepta el proyecto y por lo tanto es factible realizar la inversión.

# **CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **7.1 CONCLUSIONES**

- El proyecto es técnicamente factible, pues se cuenta con los recursos necesarios para su implementación, cuenta con el terreno de propiedad del grupo empresarial Holding DINE del cual la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. forma parte, además el proveedor de varillas corrugadas para conformado es parte del grupo empresarial.
- El terreno en donde estará ubicada la planta para la línea de producción de conformados de varilla es apto para la actividad que se desea realizar, esto se deduce de los documentos municipales que avalan el uso del terreno para actividades de tipo industrial.
- Las máquinas a ser adquiridas por la empresa F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. que formarán parte de la línea de producción de conformados de varilla de construcción, cumplen con los niveles de producción que se requieren para el proyecto, satisfaciendo así los índices de producción establecidos.
- La empresa SCHNELL dedicada a la elaboración de máquinas para el corte y doblado de varillas es la mejor opción como proveedor de maquinaria para la línea de producción, ya que cuenta con un mejor servicio postventa y de repuestos lo cual es conveniente considerando que en el país no se produce maquinaria de este tipo.
- Se establece una capacidad de producción para la línea de conformados del 15% de la demanda total de varillas corrugadas de construcción a nivel del Ecuador, con posibilidad de crecimiento.



- Existe poca competencia en el país, las principales competidoras cuentan con producciones muy bajas lo cual representa una ventaja para la empresa ya que la línea de producción a implementarse está planificada para un elevado nivel de producción que sobrepasa en gran medida la productividad de sus competidoras.
- Las máquinas a adquirir para la futura línea de producción satisfacen las necesidades del mercado ecuatoriano en lo que respecta a las formas y tamaños requeridos para los conformados de varilla, además es posible trabajar con toda la gama de diámetros de varilla existentes en el mercado.
- La distribución de planta de la línea de producción de conformados es la más óptima en cuanto a su diseño, su disposición se estableció con la finalidad de lograr los objetivos de producción esperados atendiendo a la buena organización, funcionalidad y seguridad para desarrollar las labores dentro de la planta.
- La materia prima a utilizarse debe ser proporcionada por ANDEC, esto resulta de gran beneficio para la empresa, además se facilitaría la adquisición de la materia prima, ya que de esta forma se cuenta con un centro de acopio de varillas ANDEC en los terrenos colindantes con la planta, además el precio al cual se entregan las varillas es mucho más conveniente pues se tienen establecidos descuentos (9%) entre las empresas que forman parte del grupo empresarial.
- Se calculó que el compresor necesario para el correcto funcionamiento de la maquinaria a adquirir debe tener una capacidad de 125 cfm y debe contar con un tanque de almacenamiento de aire de 125 pies cúbicos, de acuerdo con los consumos requeridos por las máquinas y considerando un factor de seguridad por pérdida de presión y crecimiento de la línea de producción, además su presión de trabajo debe poder alcanzar los 10 bares.

- El proyecto es económicamente factible ya que se obtiene un rendimiento del 18.46% que es mayor al de la tasa de descuento (12%), la cual es considerada la tasa mínima de rendimiento aceptable, de esta manera se puede concluir que la inversión es económicamente rentable.
- El proyecto genera utilidades a lo largo de los diez años de estudio por un monto igual a la tasa de descuento aplicada (12%) más el valor obtenido del VAN que es de \$ 2013399, según se desprende del cálculo del VAN (Valor actual neto).
- Al disminuir la cantidad de desperdicios en la producción de los conformados la rentabilidad del proyecto crece en gran proporción.
- El mercado acepta los productos de conformados ya que los precios de estos no difieren en gran medida con los precios de las varillas utilizadas para la elaboración de conformados en obra, el precio de la tonelada de varilla regular que proporcionaría ANDEC sería de \$1209.60 y el precio de la tonelada de los conformados de varilla sería de \$1344, lo cual establece una diferencia de \$134.4 entre el precio de la tonelada de varilla regular y el precio de la tonelada de varilla figurada o conformada, esta aceptable diferencia en los precios por tonelada de los materiales hacen atractivo a los productos de conformados para su venta. Además es importante el ahorro del cual el constructor se beneficia al no percibir los gastos asociados al figurado o conformado en obra. Sin embargo esta decisión debe ser revisada por la empresa.
- El presente proyecto de tesis ha sido de gran utilidad para mi formación profesional, pues se han aplicado varios conocimientos importantes dentro del campo de la implantación y evaluación de proyectos de plantas industriales, estos conocimientos adquiridos a través de la presente tesis representan una ventaja competitiva para mi desarrollo como ingeniero mecánico, ya que se presenta una mayor predisposición

para la planeación de proyectos y una mejor capacidad para tomar decisiones importantes dentro de una empresa y de la misma manera en cualquier área concerniente al campo laboral del ingeniero mecánico.

- Los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación académica en la ESPE fueron de gran apoyo para lograr el desarrollo del presente proyecto de tesis, sin embargo se debería incrementar e intensificar los temas a tratarse en la materia de Preparación y Evaluación de Proyectos pues a través del conocimiento de los temas tratados en esta materia el estudiante estará mejor preparado para el desarrollo del proyecto de tesis, en el caso particular de mi formación académica cuando tomé la materia de Preparación y Evaluación de Proyectos no contábamos con profesor regular por lo que no se trataron todos los temas establecidos en el pensum, quedando vacíos en mi formación que se sintieron durante el desarrollo de la tesis, a pesar de esta situación se realizaron las investigaciones pertinentes para poder concluir con éxito el presente trabajo de tesis.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

- Se debe adquirir el software para la optimización del proceso de elaboración de conformados, de esta manera se asegura una mayor productividad de la línea y se disminuye la cantidad de desperdicios y productos defectuosos elaborados, hay que pensar que al reducir al menos en un 3% el desperdicio resultante del proceso, la empresa tendría un ahorro anual de alrededor de \$ 2000000 por cada año de producción, lo cual es capital que se estaría perdiendo por falta de optimización de los procesos.
- Se recomienda reducir los desperdicios al mínimo posible ya que la reducción de estos influye enormemente en la rentabilidad del proyecto.
- Se recomienda el uso de la varilla corrugada en rollos como materia prima para la elaboración de los conformados o figurados ya que esta

permite una considerable disminución de los desperdicios además de que sus propiedades la hacen más apta para el proceso de conformado.

- Contratar personal de gran experiencia y experticia para la instalación de sistemas de compresión, de esta manera se asegura una correcta instalación del sistema que evitará pérdidas de dinero por una mala instalación.
- Usar un compresor base y uno adicional más pequeño con la finalidad de reducir el consumo de energía en la fase de compresión, esta disminución en el consumo significaría un gran ahorro de dinero por concepto de consumo eléctrico, además la combinación de compresores resultan ser sistemas más eficientes que los sistemas con compresor único debido a esto el proveedor de la maquinaria SCHNELL recomendó su uso.
- Realizar la instalación de los sistemas eléctricos con personal capacitado para el trabajo, de esta manera se evitarán posibles problemas con la maquinaria e innecesarios consumos de energía.
- Se recomienda la compra de maquinaria SCHNELL para su utilización en la línea de producción de conformados de varilla de construcción, sin embargo la F.M.S.B Santa Bárbara S.A. podrá tomar la decisión final sobre la compra de la maquinaria que considere más adecuada para sus necesidades, razón por la cual se presentan tres alternativas para la línea de producción con sus respectivos proveedores.
- Si se desea elevar la productividad de la línea de producción de conformados se debe adquirir maquinaria complementaria a fin de lograr la producción requerida.
- Es recomendable aplicar la distribución de planta que se muestra en el plano de distribución de la planta de conformados, de acuerdo a la

experiencia del proveedor así como también de acuerdo a criterios de productividad y normas para la distribución de espacios en planta esta sería la mejor distribución para la maquinaria de la línea de producción.

- Se debe adquirir las varillas corrugadas ANDEC como materia prima para los procesos ya que esto supone mayores facilidades para el transporte de materia prima pues se cuenta con un centro de acopio de varillas que colinda con la planta de conformados y además existen beneficios en lo económico pues se cuenta con descuentos (9%) en el precio de la varilla a ser adquirida esto se debe a que la F.M.S.B. Santa Bárbara S.A. y ANDEC forman parte del mismo grupo empresarial.
- Los instructivos de trabajo de cada máquina de la línea de producción se desarrollarán una vez que la máquina sea comprada, instalada y puesta en funcionamiento, sin embargo como parte de la tesis se ha desarrollado procedimientos de ejemplo que servirán como guía.
- Se recomienda la implantación del proyecto pues este además de ser económicamente y técnicamente factible, genera rentabilidad para la empresa.
- Se deben definir acuerdos y convenios con ANDEC para la entrega de la materia prima, esto supondría beneficios económicos para la empresa.
- Se deben definir costos de la materia prima más reales y se recomienda revisar el análisis económico y financiero con esta nueva información.
- Una vez en funcionamiento la planta, se deben revisar los descriptivos de cargo de cada empleado y hacer modificaciones en ellos en caso de ser requerido con la finalidad de reflejar la verdadera realidad de la planta.

- Se recomienda estudiar más a profundidad lo referente a la optimización de los procesos de conformados pues tendría una relación directa con las utilidades generadas.
- Se recomienda el incremento del pensum en la cátedra de Preparación y Evaluación de Proyectos pues en muchos casos la formación no fue completa, siendo esta materia fundamental para la vida profesional del ingeniero mecánico por lo cual debe ser mejorada.

## BIBLIOGRAFÍA

- GABRIEL BACA URBINA, Evaluación de proyectos, 5ta. ed., México, MacGraw-Hill Interamericana, 2006, 392 páginas.

### DIRECCIONES DE INTERNET

- <http://www.holdingdine.com/content/blogcategory/14/59/>
- <http://www.schnell.it/>
- <http://www.mepgroup.com/>
- <http://www.pedax.com/>
- <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>
- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/senal.pdf>
- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_434.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_434.pdf)
- <http://www.construsur.com.ar/Noticias-article-sid-248.html>
- <http://www.monografias.com/trabajos16/redes-de-aire/redes-de-aire.shtml>
- <http://www.cohimar.com/util/neumatica/neumatica14.html>
- <http://www.cohimar.com/util/neumatica/mapadelsitio.html>
- <http://www.festo-didactic.com/int-en/>
- <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/distribucion-y-generacion-de-aire-comprimido#ancla>
- <http://www.slideshare.net/Bibillana/red-de-servicios-industriales>
- <http://es.scribd.com/doc/18603567/9Redes-de-tuberias>

- <http://www.kaeser.com/>
- <http://www.boge.de/>



# **ANEXOS**