

308917



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROYECTO DE REDISTRIBUCION DEL
PROCESO DE PRODUCCION DE AROS
PARA RINES DE BICICLETA

TESIS

Que Para Obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA. INGENIERIA MECANICA

PRESENTA

RAFAEL LOZANO ESCALONA

DIRECTOR DE TESIS: ING. ENRIQUE GOMEZ IBARRA

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A DIOS.

A mis padres,
que siempre han sido ejemplo de
honestidad, trabajo y responsabilidad
y por darme la oportunidad
de recibir una educación profesional.

A mi hermano José Luis
que me ha dado compañía
y ejemplo toda mi vida.

A mi novia Aída,
querida chaparrita por tu comprensión y tu apoyo,
espero que este trabajo nos ayude a realizar
todos nuestros sueños; te amo.

A mis abuelitos Santiago[†], Ma. Luisa[†], Roberto[†] y Guadalupe.

A el Ing. Lozano García y a la Dra. Gómez Estrella
gracias por todas sus atenciones.

A el Ing. Bruno Alessi, Ing. Guillermo López
y al Dr. Rusek que me han transmitido
sus conocimientos incondicionalmente.

A todos mis primos, especialmente a Lupita y Hugo.

A mis compañeros de la Universidad Panamericana,
especialmente a Ernesto, Carlos, Lorenzo y Javier.
por fin lo logramos.

A mis maestros, especialmente a el
Ing. Mario Bravo, Ing. Uranga y al Ing. Cervera
por creer en mí y encaminarme a lograr mis sueños.

A mis amigos especialmente a Paco, Mario, Yuri, Victor, Rene
Alejandro V., Mauricio, Roberto C., Alberto Z., Alejandro T.,
Fernando L., Claudia I., Erik R., Carlos M. y a Tina,
a todos gracias por su amistad.

A el Ing. Hugo Martín y el Ing. Sergio Martínez,
por ayudarme a mejorar este trabajo.

ÍNDICE

	Página
Índice de Figuras	v
Índice de Tablas	ix
Introducción	1
1. Antecedentes.	3
2. Proceso de producción.	5
2.1 Secuencia de operaciones.	5
2.2 Descripción de maquinaria.	8
2.3 Servicios auxiliares.	13
2.4 Instalaciones Nuevas.	14
2.5 Proceso anexo.	16
3. Planeación de la redistribución de planta.	17
3.1 Demanda y producción.	20
3.1.1 Demanda y producción de aros de lámina de acero.	20
3.1.2 Demanda y producción de aros de aluminio.	22
3.2 Redistribución del proceso de producción de aros de lámina de acero.	23
3.2.1 Restricciones y limitaciones.	24
3.2.2 Optimización del proceso de producción.	26
3.2.3 Propuesta y evaluación de alternativa uno.	29
3.2.4 Propuesta y evaluación de alternativa dos.	32

3.3 Distribución del proceso de producción de aros de aluminio.	36
4. Diseño de la instalación eléctrica.	39
4.1 Parámetros eléctricos de diseño.	43
4.2. Plano de ubicación de cargas.	45
4.3 Nivel de tensión.	46
4.4 Subestación eléctrica.	48
4.5 Sistemas de distribución de cargas de baja tensión.	53
4.6 Selección de calibre de conductores, canalizaciones y de elementos de protección.	55
4.7 Diagrama unifilar.	64
4.8 Factor de potencia.	68
5. Evaluación económica del proyecto.	70
5.1 Cálculo de costos de inversión.	71
5.2 Cálculo de costos de producción.	73
5.2.1 Costos de producción para el proceso de aros de lámina de acero.	75
5.2.2 Costos de producción para el proceso de aros de aluminio.	78
5.3 Estudio económico de prefactibilidad.	80
Conclusiones.	86
Bibliografía.	88

Apéndice A Sistemas hidráulicos de potencia.	A-1
Apéndice B Sistemas neumáticos.	B-1
Apéndice C Requisitos de espacio para equipo eléctrico.	C-1
Apéndice D Subestación eléctrica.	D-1
Apéndice E Arreglos de circuitos eléctricos.	E-1
Apéndice F Presupuesto para reubicación de maquinaria del proceso de producción aros de lámina de acero.	F-1
Apéndice G Presupuesto para instalación eléctrica del proceso de producción de aros de lámina de acero y de aluminio.	G-1
Apéndice H Presupuesto para suministro e instalación de maquinaria del proceso de producción de aros de aluminio.	H-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Plano de localización de plantas.	4
2.1 Proceso de producción de aros de acero.	5
2.2 Aro para rin de bicicleta.	6
2.3 Perfiladora automática.	8
2.4 Proceso de formado.	9
2.5 Soldadora crotti.	10
2.6 Esmeril manual con campana de extracción.	11
2.7 Pulidora automática y roladoras.	11
2.8 Perforadoras automáticas.	12
2.9 Proceso de producción de aros de aluminio.	14
2.10 Proceso de troquelado.	16
3.1 Gráfica comparativa de demanda y capacidad de producción para aros de lámina de acero.	21
3.2 Gráfica de proyección de demanda de aros de aluminio.	22
3.3 Secuencia gráfica de operaciones.	23
3.4 Ganchos de cadenas transportadoras.	26
3.5 Posición de los ganchos respecto al operador.	27
3.6 Línea de secuencia de operaciones sobre la planta.	28
3.7 Alternativa uno (Distribución de planta).	29
3.8 Alternativa dos (Distribución de planta).	32
3.9 Gráfica comparativa de la demanda con la producción de la alternativa dos.	35

3.10	Proceso de producción de aros de aluminio.	36
3.11	Distribución definitiva de planta.	38
4.1	Plano de ubicación de cargas y alimentadores.	45
4.2	Triángulo de potencias.	49
4.3	Diagrama unifilar de distribución de cargas por alimentador.	54
4.4	Diagrama de alimentador A1.	59
4.5	Diagrama de alimentador A2.	62
4.6	Relación de simbología para diagramas unificables.	64
4.7	Diagrama unifilar de alimentador A1.	65
4.8	Diagrama trifilar de alimentador A2.	65
4.9	Diagrama unifilar de alimentador A3.	66
4.10	Diagrama unifilar de alimentador A4.	66
4.11	Diagrama unifilar de alimentador A5.	67
4.12	Diagrama unifilar de alimentador A6.	67
4.13	Diagrama unifilar de alimentador A7.	67
4.14	Diagrama de conexión de banco de capacitores.	69
A.1	Circuito hidráulico.	A-2
B.1	Etapas de sistema neumático.	B-2
E.1	Arreglo radial simple.	E-1
E.2	Arreglo secundario selectivo.	E-2
E.3	Arreglo primario selectivo.	E-2

E.4 Arreglo de enlace secundario.

E-3

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
2a Línea de producción para aros de lámina de acero.	7
2b Línea de producción para aros de aluminio.	15
3a Proyección de la demanda y capacidad de producción para aros de lámina de acero.	20
3b Proyección de la demanda y capacidad de producción de aros de aluminio.	22
3c Capacidad de producción actual del proceso de producción de aros de lámina de acero.	24
3d Optimización de la capacidad de producción de la alternativa uno.	29
3e Cálculo de eficiencia de alternativa uno y distribución actual.	31
3f Optimización de la capacidad de producción de la alternativa dos.	33
3g Cálculo de eficiencia de alternativa dos.	34
3h Tabla de resultados.	34
3i Cálculo de eficiencia de proceso de producción de aros de aluminio.	37
4a Parámetros eléctricos de diseño.	43
4b Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna.	44
4c Capacidad de producción y factor de demanda.	48
4d Factor de demanda en instalaciones industriales.	49
4e Tabla de potencias.	50
4f Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2000 V. 60° C a 90 °C. No más de tres conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C.	56

4g	Factor de ciclo de trabajo para soldadoras.	57
4h	Máximo rango o ajuste para el dispositivo de protección contra corto circuito y falla a tierra del circuito derivado del motor.	57
4i	Sección transversal de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.	58
4j	Tabla de resultados de cargas de motores.	60
4k	Tabla de resultados de alimentador A2.	63
4l	Tabla para corrección de factor de potencia.	68
4m	Tabla de potencias.	69
5a	Resultados de presupuestos para proceso de producción de aros de lámina de acero.	71
5b	Resultados de presupuestos para proceso de producción de aros de aluminio.	72
5c	Gráfica de implementación de proyecto.	74
5d	Costo anualizado de materias primas para el proceso de producción de aros de lámina de acero.	75
5e	Costo anualizado de materias primas indirectas para el proceso de producción de aros de lámina de acero.	76
5f	Costo anualizado de materias primas para el proceso de producción de aros aluminio.	78
5g	Costo anualizado de materias primas indirectas para el proceso de producción de aros de aluminio.	79
5h	Proyección del INPC y CETES.	80
5i	Flujos anuales por CETES 28d de la inversión para el proceso de aros de lámina de acero.	81
5j	Generación bruta de efectivo para el proceso de aros de lámina de acero.	83

5k	Generación bruta de efectivo para el proceso de aros de aluminio	84
5l	Resultados.	85
Ca	Claros de seguridad para equipos eléctricos.	C-2

INTRODUCCIÓN.

La calidad es una actitud que implica "hacer las cosas bien". A finales de los cincuenta aparecieron teorías en Estados Unidos y Japón, como "Cero Defectos", "La Calidad no Cuesta" o "Calidad Total", que han cambiado la mentalidad del empresario, y lo han llevado a catalogarse dentro de los países totalmente industrializados. Sin embargo al pasar de la teoría a la práctica o pasar de un proyecto a algo tangible, se requiere de un lento proceso de implantación.

En el caso de México, apenas se está en un primer paso de concientización hacia la calidad: éste es y debe ser el primer paso. Pero se debe reconocer que fronteras cerradas no fueron en el pasado, motivo para ofrecer productos y servicios con una calidad no sólo aceptable en cuanto al cumplimiento de ciertas especificaciones, sino también que estos productos mantengan una calidad aceptable y constante. En contraste, la apertura y la crisis que actualmente vive la economía mexicana ha significado, para casi todas las ramas industriales, la necesidad de revalorizar y redefinir los conceptos de calidad, ya no sólo para estar en posibilidades de competir, sino para sobrevivir.

La empresa mexicana, fabricante de bicicleta, que hace referencia este trabajo, actúa continuamente para ofrecer al consumidor productos con mejor calidad y al menor costo posible. Mejorar la calidad de los productos en época de crisis económica, en que las tasas de interés son muy altas, significa principalmente optimizar los procesos con los recursos que actualmente se tienen, tratando de no invertir en procesos costosos, por lo que este trabajo propone posibles soluciones a los problemas actuales con los que se enfrenta esta empresa.

El objetivo general de este trabajo es de analizar posibilidades para dar solución a un problema de desintegración de los procesos de manufactura, que no permite que la capacidad de la planta trabaje al 100 %, que se ha generado conforme ha crecido la empresa porque ha adquirido terrenos que distan mucho entre sí. Específicamente, se pretende mediante una proyección de la demanda, detectar las deficiencias de la producción, planear la reubicación de la maquinaria que forma el proceso de producción de aros, optimizándolo con la menor inversión posible, y reducir los costos de energía y mano de obra que afectan directamente en el precio de venta al consumidor.

CAPÍTULO 1

Antecedentes.

Hace cinco años, cuando la empresa se percató del problema de desintegración de los procesos de manufactura, se tenían instaladas dos plantas, la bodega y las oficinas generales, distribuidas de la siguiente manera:

La planta "A", ubicada en la zona industrial al oeste de la ciudad, donde se tenían instalados procesos como; fabricación de aros de lámina de acero, fabricación de rayos, corte y formado de tubos para la fabricación de cuadros, troquelado, ensamble y empaque de producto terminado y el taller industrial donde se reparaban todas las máquinas aunque éstas no operaran en esta misma planta.

La planta "B" ubicada a ocho kilómetros de la "A", donde se tenía instalado el proceso de esmerilado y pulido de aros de lámina de acero, ensamble y empaque.

La bodega, ubicada en Iztapalapa, donde se concentraban todos los productos terminados para posteriormente transportarlos hasta los distribuidores.

Y las oficinas generales, ubicadas en la colonia Portales, de donde se controlaban todos los demás locales. Hay que tomar en cuenta que las distancias son grandes, además de que con los conflictos de vialidad que se presentan en la ciudad de México, se llegan a perder hasta dos horas en la transportación de un pequeño lote. Específicamente la distancia entre la planta "A" y la "B" es de 8 Km, la comprendida entre la "A" y la "C" de 17 Km y de la "B" a la "C" de 10 Km.

Dos años después, la bodega general que estaba en Iztapalapa, el proceso de ensamble que ni siquiera estaba instalado completo y la oficinas generales, se instalaron en un nuevo local adicionando con una bodega de embarques, de materias primas y de productos en proceso, con los requerimientos necesarios para estas áreas como:

- Para la bodega de embarques, rampas para montacargas, área suficiente para poder organizar y catalogar los productos terminados, área de oficinas de embarques, para controlar las salidas de productos, anexando también rampas para carga de camiones con estacionamiento para la flotilla de camiones de reparto con que cuenta esta empresa.
- Para el proceso de ensamble se instaló una línea ya estructurada, complementada con herramientas neumáticas y sistemas de inspección de calidad. Se anexó al principio del proceso de ensamble una bodega de recepción de materias primas y de productos en proceso que tiene las mismas características de la bodega de embarques.

En 1994, se construyó otra bodega con las características ya mencionadas, pero se tenían problemas con los materiales en proceso que provenían de la otras plantas, puesto que los procesos restantes quedaban aún instalados en la mismas plantas, con excepción de bodega y las oficinas generales, que como ya se mencionó, se reinstalaron en su totalidad.

Pero las acciones para el mejoramiento de la productividad y calidad no han sido suficientes, puesto que actualmente el proceso de producción de aros de lámina de acero y de troquelado necesitan forzosamente instalarse en el mismo local, por lo que se construyó en este terreno la planta "C" donde se puedan concentrar los procesos antes mencionados.

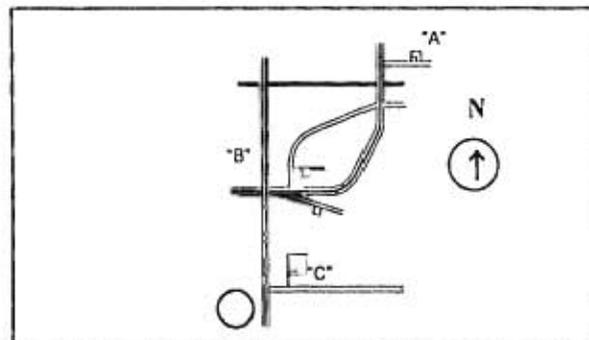
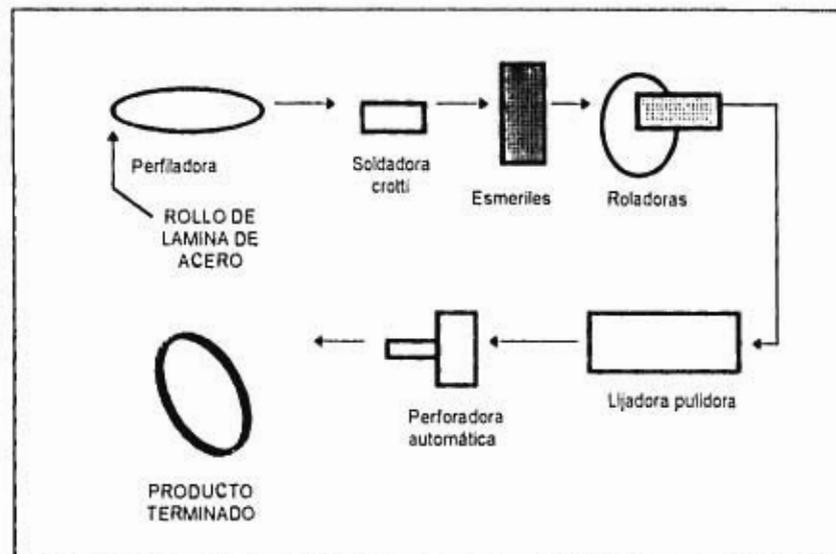


FIGURA 1.1 Plano de localización de plantas

2.1 Secuencia de operaciones.

Aquí se describen detalladamente el funcionamiento, requerimientos eléctricos y la producción de cada máquina que forman el proceso de producción de aros de acero, mostrado en la figura 2.1, donde se sintetiza la secuencia de operaciones, correspondientes también, a la secuencia de instalación de las máquinas que definen un centro de trabajo.

FIGURA 2.1
Proceso de producción de aros de acero.



Como la mayoría de los equipos funcionan por medio de un sistema hidráulico de potencia, se presenta una breve descripción del funcionamiento de estos sistemas en el apéndice A .

Este proceso transforma rollos de lámina de acero de distintos calibres, a aros para rines mostrados en la figura 2.2, de diferentes rodadas incluyendo los barrenos para el ensamble de los rayos y del pivote.

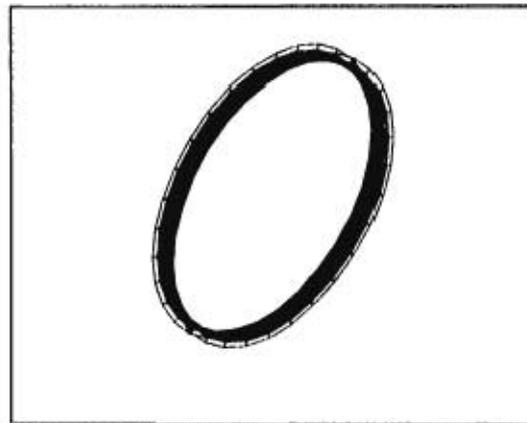


FIGURA 2.2
Aro para rin de bicicleta

Las rodadas que más comúnmente se producen van desde la rodada ocho, usada en las bicicletas para niños, hasta la rodada veinticinco usada para las bicicletas de turismo o de montaña. Cada modelo de bicicleta requiere de una rodada y de un perfil determinado, porque de este último depende la resistencia mecánica del aro. Entonces, para producir los aros se necesita de la siguiente maquinaria, que definen las estaciones de trabajo descritas en la tabla 2a .

Tabla 2a Línea de producción para aros de lámina de acero

Estación de trabajo	Estación de trabajo precedente	Actividad por realizar en la estación de trabajo	Definición de actividad
I	-	a	a) Supervisar máquina perfiladora. a.1) Colocar con el montacargas el rollo de lámina al alimentador. a.2) Soldar el rollo nuevo al que ya se terminó. a.3) Revisar continuamente el desgaste de los electrodos de la soldadora longitudinal y cambiarlos en caso de ser necesario. a.4) Cambiar los rodillos, cuando se requiera de cambio de perfil.
II	I	b	b) Soldar transversalmente el aro. b.1) Inspeccionar la rodada correspondiente.
II.1	II	c	c) Transportar los aros desde la soldadora crotti hasta el centro de esmerilado.
III	II.1	d	d) Esmerilar los aros para desbastar el cordón de la soldadura transversal.
IV	III	e	e) Rolar cada aro para dar la curvatura correcta. e.1) Supervisar la resistencia a la tensión de la soldadura transversal de cada aro.
V	IV	f	f) Montar el aro a el cabezal de la máquina para empezar el proceso de lijado y pulido. f.1) Desmontar el aro ya pulido. Pase a la actividad anterior f).
VI	V	g	g) Montar el aro a la máquina perforadora y accionar los pistones de perforado. g.1) Desmontar el aro ya perforado. Pase a la actividad anterior g).

En esta tabla se considera el transporte de aros (estación II.1) como centro de trabajo, porque para éste laboran muchos empleados, que son factor importante para la eficiencia de cada proceso, además las actividades listadas son sólo las principales para producir aros de bicicleta.

2.2 Descripción de maquinaria.

- **Perfiladora** (figura. 2.3).- Ésta es la mas importante, porque la capacidad máxima del proceso depende directamente de la producción, además que en ésta se le da la flexibilidad al proceso, porque aqui se cambia la rodada y el perfil de los aros y está formada de tres partes que son:

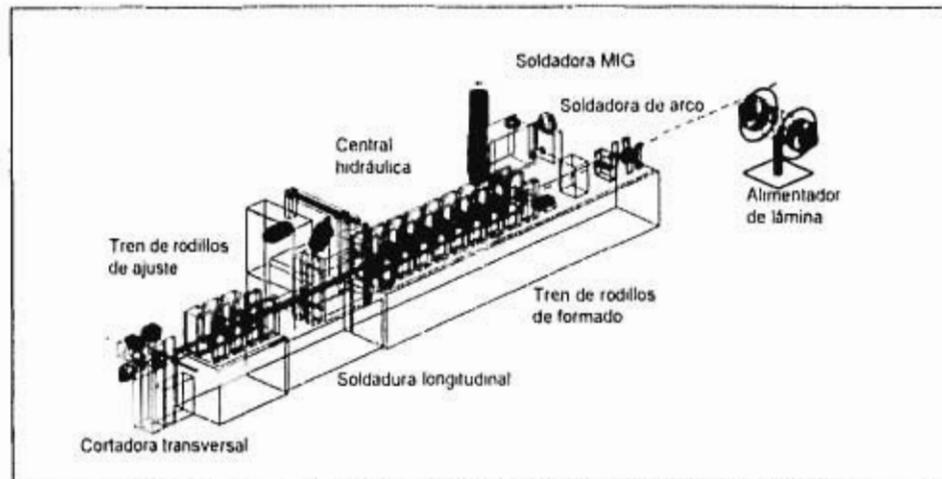


FIGURA 2. 3 Perfiladora automática

1. *El tren de rodillos de formado*, que mediante rodillos fijos y rodillos ajustables forman, paso a paso y en frío, el perfil de los aros deformándolo lentamente para evitar fatiga en el material, a este proceso mostrado en la figura. 2.4 se le llama formado. Este proceso es conocido también como laminado en frío, porque para fabricar lámina se obtiene de la misma manera, sólo que en el caso de la laminación, el objetivo es reducir el espesor de la lámina, y en este caso sólo se requiere cambiar la forma de la lámina. El proceso de formado requiere de muchos pasos, con los que la lámina consecutivamente se va doblando para formar el perfil requerido. Como no todos los rines tienen la misma sección transversal se necesita cambiar los rodillos cada vez que cambia el perfil, pero como se pierde un día de producción en cambiar los rodillos, la fabricación se planea para que con los mismos rodillos se fabrique durante un tiempo ya determinado.
2. *La soldadora eléctrica longitudinal*, tiene dos electrodos circulares que se ajustan para soldar la unión de la lámina en la carna del aro. La velocidad de producción de esta máquina depende de este subproceso, porque el soldado por arco requiere de un tiempo de permanencia para que el metal alcance la temperatura de soldado

3. El tren de rodillos de ajuste, con lo que se dimensiona exactamente la sección transversal ya con la soldadura longitudinal aplicada. La roladora que da la curvatura de la rodada para formar el aros y finalmente corta para dar la rodada deseada.

La perfiladora tiene un alimentador de lámina y una soldadora tipo MIG que permiten alimentar, casi continuamente, la lámina a ésta, permitiendo que esta máquina sea la mas eficiente del proceso, con una producción promedio de 1440 aros al día.

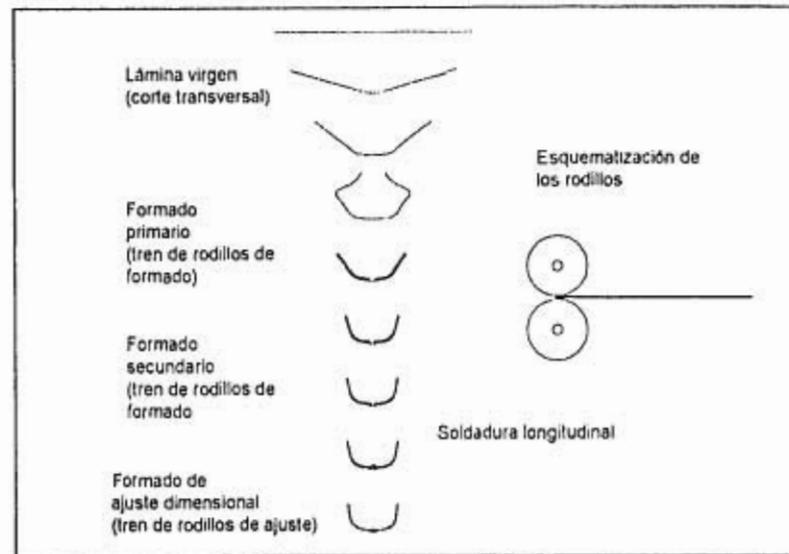


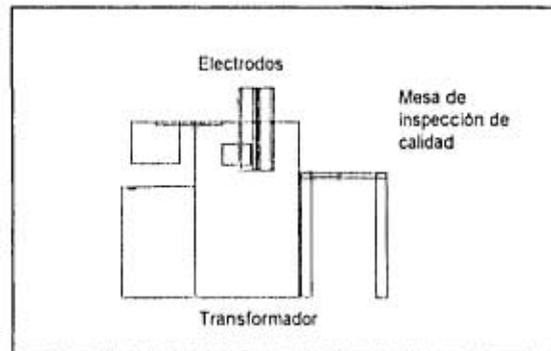
FIGURA 2.4 Proceso de formado

La potencia necesaria para deformar la lámina se genera en un compresor hidráulico general de 20 HP a 220/3/60, que por medio de mangueras flexibles se transmite la potencia a los rodillos y a la cortadora transversal. Para la soldadora longitudinal se requiere de una potencia de 195 KW a 220/2/60 y un sistema de enfriamiento por agua que no permita que los electrodos circulares sufran de desgaste excesivo.

- **Soldadora crotti** (figura 2.5).- Este tipo de soldadora pertenece a la soldadura por arco y es muy usada en la industria en general. El ciclo de soldado comienza con los electrodos presionando al metal un cierto tiempo conocido como "tiempo de prensado", antes de que se aplique la corriente, posteriormente pasa la corriente de bajo voltaje a través del metal, provocando que el material rápidamente alcance la temperatura de soldado. En este caso específico, los electrodos tienen la forma del perfil logrando que la soldadura sea homogénea en toda la sección transversal.

Se requiere una potencia total de 75 KW a 220/2/60 y tiene capacidad para procesar el total de piezas que produce la máquina perfiladora, además requiere de una alimentación de agua de enfriamiento para evitar que los electrodos se sobrecalienten y pierdan las propiedades.

FIGURA 2.5
Soldadora crotti



Como se ve en la figura anterior, junto a la soldadora crotti se ubica una mesa de inspección. En esta mesa se mide el diámetro del aro cuando ya se aplicó la soldadura, checando que la medida esté siempre entre las tolerancias establecidas por en diseño mismo del aro, según la rodada.

- **Esmeriles manuales** (figura 2.6).- Actualmente se tienen cuatro esmeriles con doble cabezal, montados en campanas de aspiración que por medio de ventiladores centrífugos se extraen todos los polvos nocivos que se generan en esta operación. Este proceso se utiliza para eliminar el cordón que queda de la soldadura transversal con lijas de óxido de aluminio, pero como es manual tiene apenas capacidad de procesar el 65.5%, es decir que solamente produce 944 aros al día y requiere por cada motor 3 HP a 220/3/60.

Actualmente están instalados en la planta "B", y cada operador tiene que tomar un aro, esmerilarlo y dejarlo del otro lado de la campana, con lo que se requiere además de tres ayudantes que acomoden los aros cerca del operador y los ya procesados los lleven hasta el siguiente centro de trabajo para ser rolados.

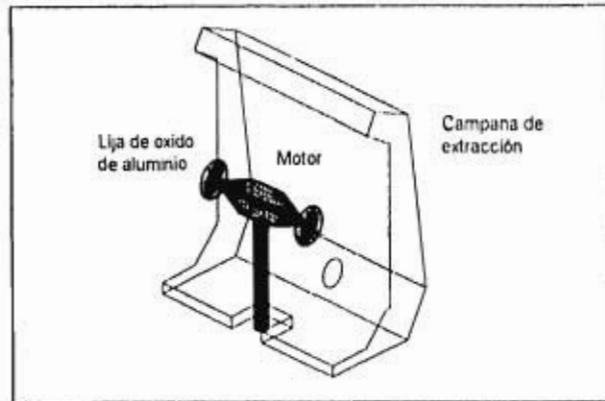


FIGURA 2.6
Esmeril manual con campana de extracción

- **Roladoras** (figura. 2.7): En este subproceso, que consta de dos máquinas, se hace que los aros sean perfectamente circulares, además de verificar la calidad de la soldadura transversal, puesto que se someten a esfuerzos de tensión, mediante un pistón hidráulico y un sistema que gira los aros. Estas máquinas tienen, al igual que la perfiladora, una capacidad de producción de 1440 aros al día, y un consumo eléctrico bajo, que consta de dos motores de 1 HP a 220/3/60 cada uno, que corresponden uno para la bomba del pistón hidráulico y el otro al motor que gira los aros.

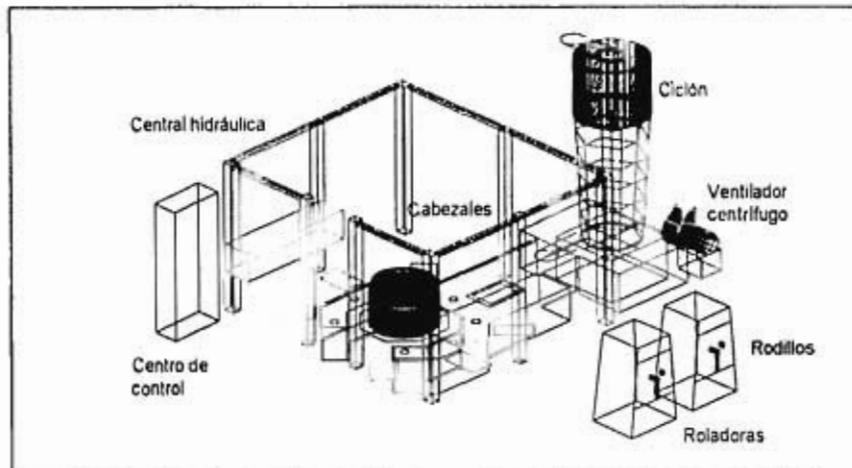


FIGURA 2.7 Pulidora automática y roladoras

- **Pulidora automática** (figura 2.7).- Esta máquina lija y pule los aros automáticamente y cuenta con siete cabezas, de las cuales cuatro lijan y las otras tres pulen la superficie interna y externa. El mecanismo de pulido funciona por medio de una central hidráulica que hace mover los pistones de las cabezas, acercándolas sobre una corredera a la posición fija de los aros, que giran en dirección contraria para obtener un pulido homogéneo.

Esta máquina tiene capacidad para procesar el 100% de la capacidad máxima, y se requiere de un sistema de extracción de polvos, que funciona con un ciclón y un ventilador centrífugo. La potencia eléctrica requerida, sin contar el sistema de extracción, es de 65 KW a 220/3/60.

- **Perforadora automática** (figura 2.8).- En esta máquina se perforan todos los barrenos necesarios para ensamblar los rayos y el pivote de la llanta y tienen capacidad para producir el 100 % de la capacidad. La potencia total requerida por la central hidráulica es de 8 KW a 220/3/60 cada una.

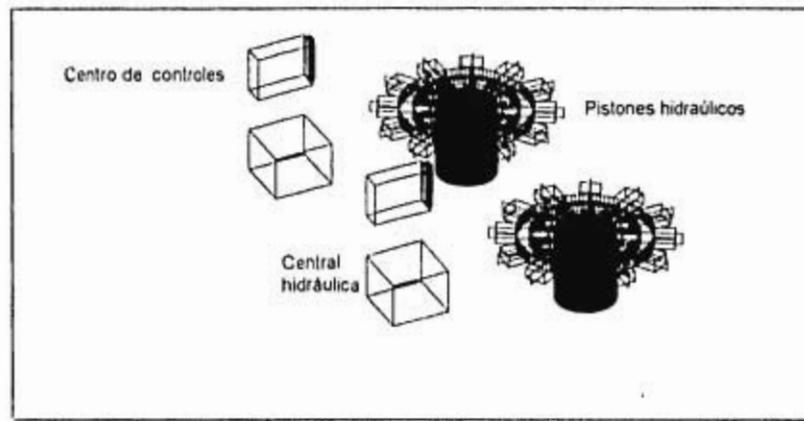


FIGURA 2.8 Perforadoras automáticas

2.3 Servicios auxiliares.

Estos procesos se refieren a todos los subprocesos que apoyan a los procesos principales, para que éstos funcionen adecuadamente.

- La soldadora tipo MIG mostrada en la figura 2.3, se utiliza para soldar manualmente los rollos de lámina de acero que se alimentan a la máquina perfiladora. La finalidad de este subproceso que consume 4.2 KW a 220/2/60, es unir los rollos puesto que cuando se acaba un rollo se coloca en el alimentador uno nuevo y se suelda al anterior para proseguir con el proceso. A esta máquina se añade una soldadora por arco, también mostrada en la figura 2.3, que sólo se utiliza en caso de que la soldadora MIG falle y consume 8.8 KW a 220/2/60.
- El sistema de purificación de aire sirve para separar partículas sólidas del aire, que se desprenden de los procesos de esmerilado y lijado de los aros. Este sistema no apoya directamente a ningún proceso, si no que se instala para proteger a los trabajadores que laboren en esta planta, porque los polvos generados son nocivos. Está formado por los siguientes componentes:
 - 1.- Dos ciclones que separan las partículas sólidas de aire.
 - 2.- Ductos para transportar el aire desde las máquinas hasta los ciclones.
 - 3.- Dos ventiladores centrífugos con motor de 20 HP a 220/3/60 cada uno, que succionan el aire desde las máquinas hasta los ciclones.
- Las perforadoras manuales que se utilizan sólo cuando alguna de las perforadoras automáticas está en mantenimiento y tiene un consumo eléctrico de 15 HP y 5 HP respectivamente a 220/3/60.
- El sistema neumático se describe en el apéndice B, tiene como función suministrar aire comprimido con ciertas características como: limpieza, baja humedad, y presión constante, y está formado por:
 - 1.- Dos compresores conectados en paralelo con motor de 15 HP a 220/3/60 cada uno.
 - 2.- Tuberías para transportar el aire comprimido, desde los compresores hasta las máquinas que lo requieren.
- La bomba de agua de enfriamiento que cuentan de un motor de 1 HP a 220/3/60 utilizada para hacer circular el agua de enfriamiento de la soldadora crotti y la soldadora longitudinal de la perfiladora hasta la cisterna, bajando la temperatura para protección de los electrodos.

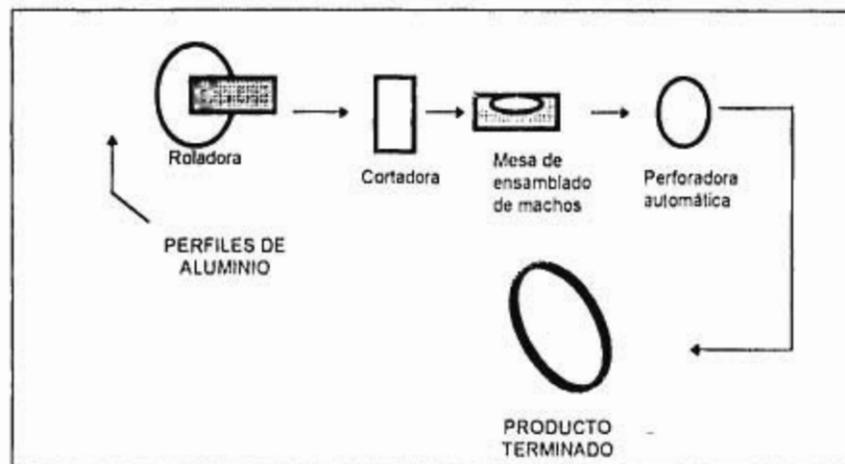
2.4 Instalaciones Nuevas

Conforme a la proyección de la demanda de aros de aluminio, presentada el capítulo 3, se requiere de un proceso para fabricar dichos aros. El objetivo de este capítulo se limita a describir el proceso y a estimar el área necesaria para la instalación de la maquinaria que conformaría el proceso.

El proceso necesario es muy sencillo y más barato comparándolo con el proceso de producción de aros de lámina de acero. Aunque son más caros los perfiles de aluminio, sólo se requiere rolar, cortar, unir y perforar. Los costos elevados de materia prima se pueden amortizar con el bajo costo de mano de obra, pero nunca más baratos que los aros de lámina de acero.

Este proceso mostrado en la figura 2.9, se pretende instalar aunque actualmente se conocen las especificaciones exactas de las máquinas, a este proceso se le alimentan los perfiles de aluminio extrudidos, los que primeramente son rolados, es decir que se le da la forma circular a la rodada requerida, posteriormente se cortan con una sierra para después unirlos y perforarlos para obtener los barrenos necesarios para instalar los rayos y el barreno para el pivote de la llanta.

FIGURA 2.9
Proceso de producción de aros de aluminio.



Hay que tomar en cuenta que el proceso es más rápido y eficiente que el de aros de acero porque no requiere de soldado, ni de esmerilado, ni de pulido, ya que se unen con unos machos que entran a presión en los barrenos del perfil, con una capacidad de producción, que se sabe aproximadamente de 1000 aros al día que define las siguientes estaciones de trabajo mostradas en la tabla 2b.

Tabla 2b Línea de producción para aros de aluminio.

Estación de trabajo	Estación de trabajo precedente	Actividad por realizar en la estación de trabajo	Definición de actividad
1a	-	a	a) Roliar el perfil para dar la curvatura correcta a.1) Meter el perfil a la rodadora para obtener un perfil en forma de espiral.
2a	1a	b	b) Cortar el aro con la sierra cortadora. b.1) Revisar que el corte sea al perímetro requerido para cada rodada. b.2) Revisar el diámetro del aros de acuerdo a las tolerancias establecidas para la rodada.
3a	2a	c	c) Ensamblar la unión de los aros. c.1) Meter el perno macho a cada una de las puntas y meterlas en los barrenos de la punta contraria.
4a	3a	d	d) Montar el aros a la máquina perforadora y accionar los pistones de perforado.

Aproximadamente se conocen el consumo eléctrico de cada máquina y el área necesaria para su instalación, que son: para la roladora un motor de 1.5 HP, para sierra cortadora un motor de 1.5 HP y para la perforadora siete motores de 1/3 HP cada uno, trabajando todos a 220/3/60 y 16 m² para almacén de recibo de materiales 3.5 m² para la roladora, 4 m² para la cortadora, 3.5 m² para la mesa de ensablado y 6.5 m² para la perforadora.

2.5 Proceso anexo.

Al principio de este trabajo se mencionó que esta empresa está en un proceso mejoramiento continuo de la calidad, por lo que un proceso de troquelado, que es totalmente independiente al de aros de lámina de acero y al de aluminio, se proveerá del espacio suficiente para su instalación, que procesará piezas varias para el ensamble final de una bicicleta y consta de tres máquinas que son:

- Alimentador de lámina
- Planchador
- Troqueladora

y tienen consumos de 2 HP y 20 KW a 220/3/60, correspondientes los dos últimos mostrados en la figura 2.10.

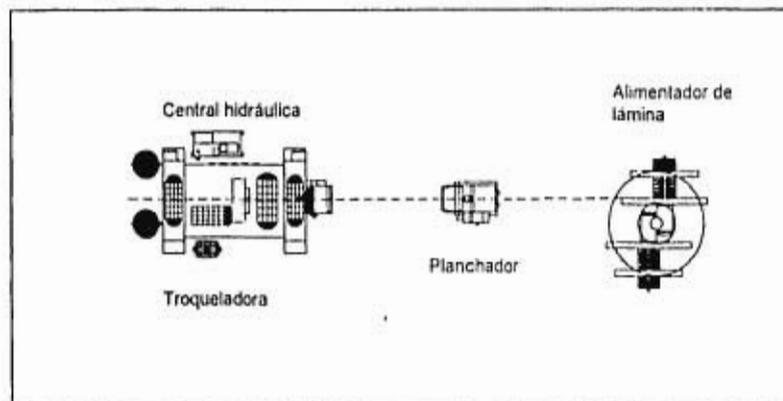


FIGURA 2.10
Proceso de troquelado

Estos equipos se tienen actualmente fuera de servicio y tomando en cuenta que la empresa los requiere, se rehabilitarán para instalarlos dentro de esta planta aunque no pertenezcan a algún subproceso de la fabricación de aros de lámina de acero.

CAPÍTULO 3

Planeación de la redistribución de planta.

La planeación de la distribución de planta consiste en la disposición o configuración de departamentos, estaciones de trabajo y máquinas que conforman un proceso de producción en general. Es la distribución espacial de los recursos físicos para fabricar un producto también llamado "*Lay-out*".

Para obtener un producto terminado a lo largo de un proceso de producción, existen dos enfoques; el occidental "empujar", establecido por Estados Unidos y el oriental "jalar", desarrollado por los japoneses al empezar su reindustrialización después de la Segunda Guerra Mundial. Estos enfoques no sólo definen la forma de fabricar, sino que son una ideología empresarial que abarca, aunque en diferentes proporciones, todos los aspectos que interactúan en una empresa.

En la planeación de una distribución de planta, los dos enfoques imponen diferentes tipos de maquinaria, sistemas de mantenimiento, política de inventarios, relaciones con proveedores, utilización de mano de obra y personal de apoyo, pero ambos son aplicables dependiendo del tipo de producto.

El sistema de "empujar" subraya que se deben de manejar flujos ininterrumpidos para cumplir con un programa ya establecido. Este programa prediseñado reporta un promedio de producción para poder satisfacer una demanda creciente, utilizando maquinarias con altas capacidades de producción, ocasionalmente mayores a las requeridas, ubicadas según las operación que desempeñan, tomando en consideración desde luego los picos de alta demanda.

Debido a los grandes lotes de producción se hacen necesarios: sistemas sofisticados para transporte dentro de la planta, grandes almacenes para subproductos en proceso, materias primas y productos terminados.

Es fácil notar que las altas inversiones en las instalaciones y alto costo de producción, se hacen presentes así como sistemas sofisticados o supervisores para controlar cada estación de trabajo, según sea el caso.

El sistema "jalar" se enfoca a una rápida respuesta de demanda real con flexibilidad y simplicidad de todos sus procesos, utilizando maquinaria y herramientas sencillas y más baratas, colocándolos en la planta según lo requiera cada producto, con lotes de producción pequeños o unitarios para evitar inventarios.

La inversión no es tan alta pero es necesario tener una comunicación estrecha entre los trabajadores, supervisores y la gerencia para poder adaptar cada centro de trabajo a la demanda real.

Para determinar cómo afecta la planeación de la distribución de planta, en la inversión inicial, costos de producción y en la eficiencia de los procesos es preciso, primero, determinar la situación particular del proyecto, y considerar los diferentes tipos de operaciones para poder seleccionar el sistema que mejor se ajuste a las necesidades de proceso.

Las operaciones intermitentes, se presentan en empresas que no tienen establecido un control de calidad y con características como: bajo volumen de productos, con equipo de uso en general, operaciones de mano de obra intensiva, flujo de productos interrumpidos, y cambios frecuentes en el programa, a diferencia de las operaciones continuas, que se caracterizan por un alto volumen de producción, con equipos de uso especializado, productos restringidos y estandarizados.

Existen también tres diseños fundamentales de la distribución de planta: *el orientado al proceso, el orientado al producto y el de componente fijo*. Éstos se diferencian entre sí por los tipos de flujo de trabajo que a su vez dependen de la naturaleza del producto.

Distribución de planta orientada al proceso. Este se adecua perfectamente cuando las operaciones son intermitentes y cuando los flujos de trabajo no son normalizados para todas las unidades de producción. Generalmente los flujos de trabajo no normalizados se presentan cuando se fabrica una gama de diferentes productos, o cuando para un mismo producto se pueden tener una cantidad grande de variantes, que implica un número igual de variantes en el proceso de producción.

En este tipo de distribución, los centros de trabajo se ubican conforme a las funciones que realizan, lo que implica que el recorrido de los productos en proceso sean muy largos.

Distribución de planta orientada al producto. Se adopta este tipo de distribución cuando el producto está estandarizado, es decir, que se requiere de la misma secuencia de operación y por lo tanto se fabrica en gran volumen. Los centros de trabajo se especializan, por tanto, se distribuyen de manera ideal para que queden alineados conforme se realizan las operaciones consecutivas de fabricación, con los que se reducen enormemente los recorridos de los productos en proceso.

Distribución de planta por componente fijo. Se aplica cuando por razones de tamaño, conformación, o cualquier otra característica, no es posible mover el producto para cada una de las operaciones, por lo que todas las herramientas, equipo y fuerza de trabajo se lleva hasta él con la finalidad de realizar operaciones progresivas.

Distribución de planta combinada. Comúnmente es muy difícil tener una distribución de planta pura, teniendo que adoptar distribuciones combinadas, para satisfacer las características prácticas de cada caso particular.

3.1 Demanda y producción.

Primeramente se hace un estudio comparativo de la demanda y la capacidad de producción, para poder tomar decisiones del ¿Qué? y ¿Cuándo?, para hacer las modificaciones al proceso y que continúe cumpliendo con las expectativas de venta, es decir, que se tiene que definir la producción futura para evaluar si la capacidad máxima del proceso es suficiente para cumplir con dicha producción estimada, o analizar las modificaciones que tiene que tener el proceso para ajustarse a ésta.

3.1.1 Demanda y producción de aros de lámina de acero.

El estudio enlista la demanda real hasta 1995 y se toma la proyección de la demanda, realizada por la empresa para los años siguientes y se compara con la capacidad máxima de producción que actualmente se tiene. Durante el periodo que comprende 1990-1993 se produjo lo que se demandaba utilizando sólo el 78%, 83%, 89% y 96% correspondientemente, de la capacidad máxima actual instalada que es de 234,112 aros al año, es decir 944 aros al día, pero en el periodo 1994-1995 se produjo sólo el 98% y 92% de la demanda real utilizando el 100% de la capacidad instalada. A continuación se presenta la tabla 3a y la figura 3.1 con lo que se puede visualizar la deficiencia de la capacidad máxima del proceso para la proyección de la demanda.

Tabla 3a Proyección de la demanda y capacidad de producción para aros de lámina de acero.

AÑOS	DEMANDA ANUAL	PRODUCCIÓN ANUAL
1990	182528	182528
1991	193936	193936
1992	208320	208320
1993	223696	223696
1994	238080	234112
1995	253372	234112
1996	269646	234112
1997	281052	234112
1998	292940	234112
1999	303970	234112
2000	315414	234112
2001	325665	234112
2002	336249	234112
2003	345664	234112
2004	350569	234112
2005	355544	234112
2006	360589	234112

Tabla 3a Proyección de la demanda y capacidad de producción para aros de lámina de acero, continuación

AÑOS	DEMANDA ANUAL	PRODUCCIÓN ANUAL
2007	359507	234112
2008	358429	234112
2009	357353	234112
2010	356281	234112

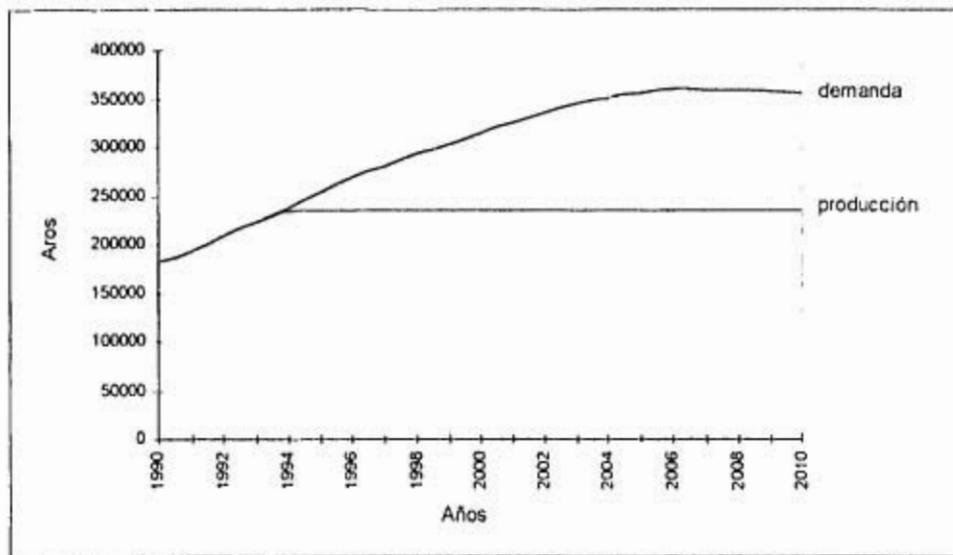


Figura 3.1 Gráfica comparativa de demanda y capacidad de producción para aros de lámina de acero

De la gráfica anterior se ve que la demanda de aros de lámina de acero disminuye desde el año 2006 porque los aros de aluminio tienden a substituir a los de lámina de acero por tener mejores propiedades aunque éstos últimos sean mas caros.

Es también claro, que la actual capacidad máxima de producción no es suficiente para satisfacer la demanda, por lo que se necesita de hacer mas eficiente el proceso, es decir aumentar dicha capacidad.

3.1.2 Demanda y producción de aros de aluminio.

De la misma manera se enlista en la tabla 3b, la demanda real durante 1994 y 1995 tomando la proyección de la demanda para los años siguientes, donde se observa que crece exponencialmente y que la demanda requerida en los primeros años no fue cubierta, razón por la que se decide que se va a instalar un proceso nuevo de producción de aros de aluminio paralelo al de acero y se calcula que la capacidad máxima de éste será de 1000 aros/día con lo que se puede cubrir dicha demanda hasta en año 2014, produciendo lo que demanda el mercado.

Tabla 3b Proyección de la demanda y capacidad de producción de aros de aluminio

AÑOS	DEMANDA ANUAL	PRODUCCIÓN ANUAL
1994	7440	7440
1995	8333	8333
1996	9804	9804
1997	11534	11534
1998	13570	13570
1999	15965	15965
2000	19453	19453
2001	23703	23703
2002	28883	28883
2003	36609	36609
2004	44177	44177
2005	53311	53311
2006	64333	64333
2007	77634	77634
2008	93685	93685
2009	113054	113054
2010	136428	136428

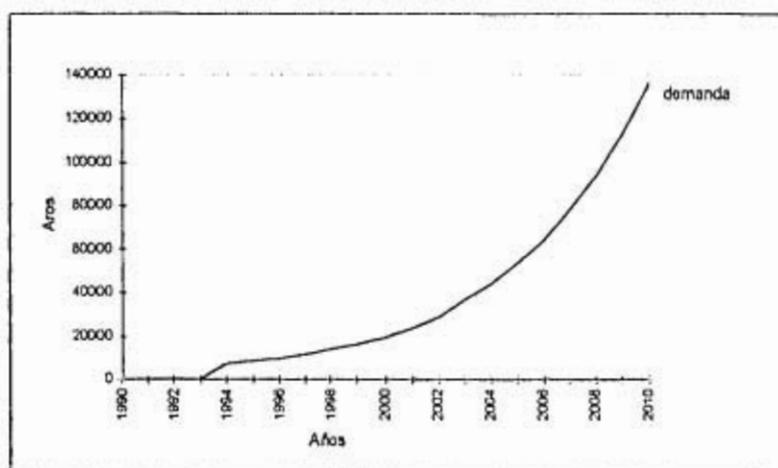


Figura 3.2 Gráfica de proyección de demanda de aros de aluminio.

3.2 Redistribución del proceso de producción de aros de lámina de acero.

La producción de aros de bicicleta se puede catalogar, dentro de un sistema de empujar como una producción continua, porque al proceso se le da manera ininterrumpida rollos de lámina de acero, que influye para que la producción al final de la línea también lo sea, pero actualmente opera como producción por lotes, porque para transportar los productos en proceso de una planta a otra, se hace por lotes, lo que hace que la producción se convierta en intermitente y lenta.

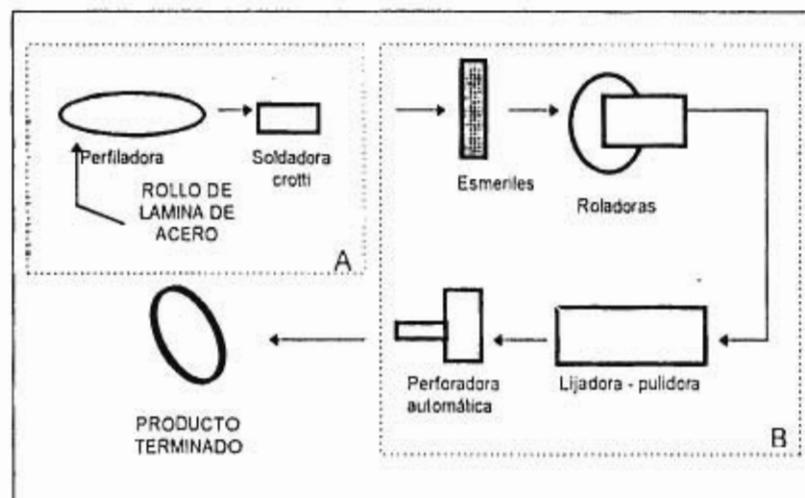
Actualmente el proceso está distribuido por operaciones que se realizan, como ya se mencionó, en diferentes plantas que están alejadas una de otra, lo que no permite tener una distribución orientada al producto.

Se considera que por las características del producto, como un producto básico repetitivo en producción continua, la distribución en la planta sea orientada al producto porque siempre requiere de la misma secuencia de operaciones, es decir que se acomodan las máquinas siguiendo la secuencia del producto.

Teniendo en consideración los problemas de transporte de aros en proceso, se pretende reubicar la planta nueva en una distribución orientada al producto, de manera que se produzca continuamente, y optimizar el proceso para que pueda dar el máximo de la capacidad instalada de 1440 aros/día.

En la figura 3.3, se enmarca los procesos que están en la planta "A" y los que están en la planta "B" y se visualiza la secuencia de procesos necesarios para la fabricación de un aro.

FIGURA 3.3
Secuencia gráfica de operaciones.



3.2.1 Restricciones y limitaciones.

Para diseñar la distribución de planta orientada al producto se deben de considerar las siguientes limitaciones:

- Seguridad para el personal de la planta.
- Requerimientos de pasillos para transporte de materiales y almacén en proceso.
- Espacio para fácil mantenimiento de cada máquina.
- Limitaciones de espacio por construcción de la planta.
- Requerimientos de instalaciones eléctricas o sanitarias.
- Consideraciones para no interferir con otros procesos u actividades.

Existen también consideraciones económicas que se deben tener en cuenta mientras se diseña la distribución adecuada para cada proyecto y son:

- A menor distancia que recorra un producto en proceso será menos costoso y mas eficiente el proceso, porque la distancia de transporte interna es proporcional a los tiempos muertos, que se reflejan a fin de cuentas, en el precio del producto terminado.
- A menor cantidad de personal que labora en la producción de un aro, éste será más barato.

Por otro lado la producción de cada máquina, como ya se mencionó, está en función de la perfiladora que es base 100% de la capacidad máxima de producción del proceso. La siguiente tabla muestra el porcentaje de capacidad de cada máquina como está instalada actualmente, además del tiempo que tarda cada centro de trabajo en procesar un aro, tomando turnos de 8 horas.

Tabla 3c Capacidad de Producción actual del proceso de producción de aros de lámina de acero

Máquina	Capacidad de Producción	
	% (AROS/DIA)	en seg.
I Perfiladora (1)	100% (1440)	20
II Soldadora crotti (1)	100% (1440)	20
II. I Transporte de aros de la planta "A" a la "B"	90% (1296)	22
III Esmeriles manuales (4)	65.5% (944)	30
IV Roladoras (2)	100% (1440)	20
V Lijadora-pulidora (1)	100% (1440)	20
VI Perforadora autca. (2)	100% (1440)	20

Como se observa, el cuello de botella está en los esmeriles manuales que obliga a los demás centros de trabajo a operar a la capacidad máxima de los esmeriles, por ejemplo: si la perfiladora operara al 100% de su capacidad, se vería la necesidad de un lugar para almacén en proceso, es decir, si el tiempo de producción de la perfiladora para producir un aro es de 20 segundos, y el de los esmeriles de 30 segundos, valor promedio ambos, en una hora se almacenarían 120 aros, que requieren de 0.9 m^2 para área de almacén y al final de la jornada de 7.2 m^2 .

Normalmente cuando se presenta esta situación, se baja la productividad de las demás máquinas para ajustarse a la que menos produce, pero esta acción lleva a reducir la productividad de todo el proceso, y el caso particular de la perfiladora, ajustar la producción significaría parar la producción, generando gastos innecesarios de electricidad, además de que se pierden horas/hombre disponibles.

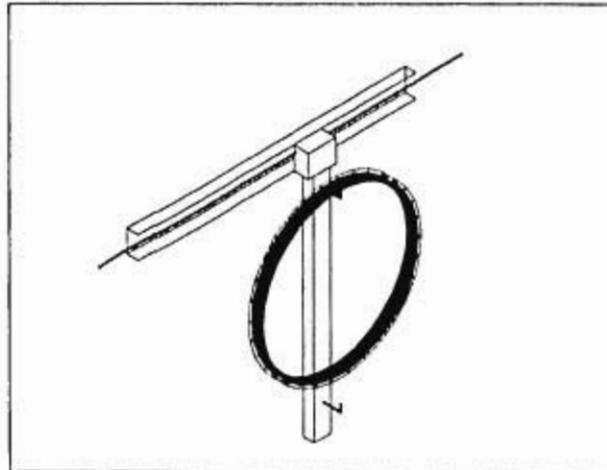
3.2.2 Optimización del proceso de producción.

Actualmente en el centro de esmerilado hay cuatro esmeriles de doble cabeza instalados en serie, teniendo ocho operadores y tres empleados, dos que acomodan los aros para que los operadores no pierdan tiempo en acercarse un pequeño lote para empezar la operación de esmerilado y otro empleado que los transporta hasta el siguiente centro de trabajo. Si se considera trabajando solamente ocho operadores en este centro de trabajo, procesarían un aro cada 30 segundos, lo que significa que cada operador tarda aproximadamente 4 minutos en procesar cada aro. De los 4 minutos, el tiempo real de esmerilado es de 3 minutos y los 60 segundos restantes el operador acercaría dicho lote a el esmeril correspondiente para comenzar la operación y dejarlos en el almacén en proceso para la siguiente operación.

Para poder reducir el tiempo total de esmerilado se ve la posibilidad de poner en forma de "U" los esmeriles con la soldadora crotti en el centro, así los aros estarían más cerca de cada esmerilador, pero las chispas que saltan de la soldadora y los gases que se desprenden del proceso de soldado, también son nocivos por lo que el centro de esmerilado no puede estar contiguo a la soldadora.

Tomando los tiempo reales, el operador tarda 60 segundos en tomar y dejar el aro por lo que el operador necesita tener más a la mano el aro que va a esmerilar y más a la mano también, el lugar donde va a depositarlo, y no se requiera de otra persona que esté acercando los aros para que puedan esmerilarlos mas rápido

FIGURA 3.4
Ganchos de cadenas
transportadoras.



Analizando esta situación se propone como alternativa, una cadena transportadora, que tenga dos ganchos ubicados uno arriba del otro como se muestra en la figura 3.4 para que el operador tome un aro del gancho superior, donde siempre estarían aros sin procesar y colocarlo en el gancho inferior donde siempre

Entonces el almacén de recibo de materias primas (rollos de lámina), se tiene que ubicar junto al alimentador de la perfiladora, considerando que se requiere de un pasillo para que el montacargas pueda subir los aros en el alimentador. Por lo general los pedidos de lámina se hacen cada mes y se necesita de una área de 28 m^2 mas el pasillo de $4,5 \text{ m}^2$ y debido a las limitaciones de espacio de la planta con la perfiladora, mencionadas anteriormente, se ubicará el almacén de recibo de rollos de lámina cerca de la puerta A y el de entrega de producto terminado en la puerta B y no hacia la puerta C porque no hay espacio para todas las máquinas. En la figura 3.6 se visualiza la línea de secuencia de operaciones determinada por los factores antes mencionados, obteniendo de esta manera la ubicación aproximada de cada centro de trabajo.

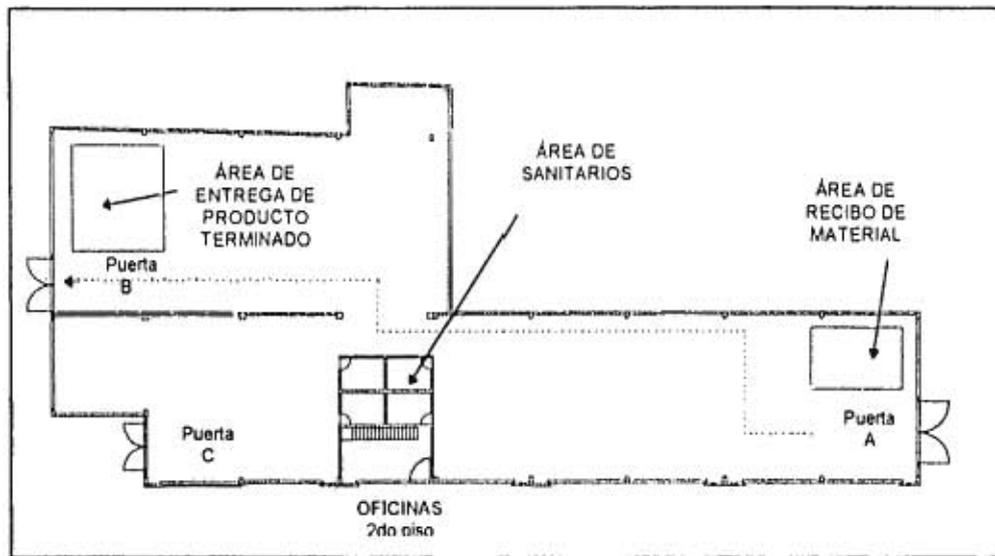


FIGURA 3.6 Línea de secuencia de operaciones sobre la planta

3.2.3 Propuesta y evaluación de alternativa uno.

Tomando como base la línea de secuencia de operaciones, se busca la ubicación de las máquinas y se propone a continuación, en la figura 3.7, la alternativa uno para ubicar las máquinas, en la que el transporte de aros de una planta a otra se substituye por el transporte de aros de la soldadora crotti a la cadena, disminuyendo considerablemente los gastos de transportación.

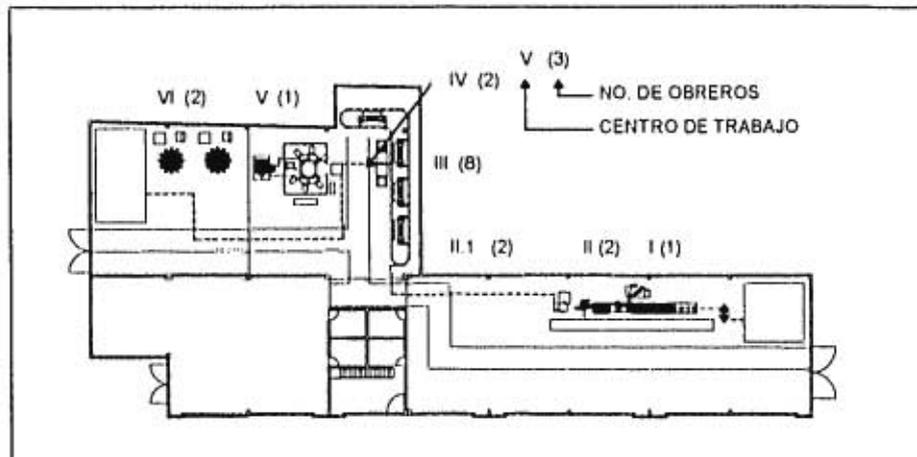


Figura 3.7 Alternativa uno (Distribución de planta)

De esta manera se reduce el número de empleados requeridos para la transportación de aros de la planta "A" a la planta "B", los problemas y costos de dicho transporte, además de que aumenta la capacidad máxima de producción a 87%.

Tabla 3d Optimización de la capacidad de producción de la alternativa uno

Máquina	Capacidad de Producción	
	En % (AROS/DIA)	en Seg/aro.
I Perfiladora	100% (1440)	20
II Soldadora crotti	100% (1140)	20
II.1 Transporte de aros	100% (1440)	20
III Esmriles manuales (4)	87% (1252)	23
IV Roladoras	100% (1440)	20
V Lijadora-pulidora	100% (1440)	20
VI Perforadora automática	100% (1440)	20

Para poder evaluar si la capacidad de la distribución de planta es buena, debe cumplirse, desde luego, con todas las limitaciones y consideraciones antes mencionadas y desde el punto de vista de producción las siguientes características:

1. Satisface la capacidad de producción deseada.
2. La secuencia es técnicamente factible.
3. Si es una línea eficiente.

¿ Es adecuada la capacidad ? La capacidad está determinada por el tiempo más largo requerido para pasar todas las estaciones de trabajo. De la tabla 3 d se sabe que el trabajo de las estaciones I, II, IV, V y VI requieren de 20 segundos, de la estación III de 23 segundos. El tiempo más largo sigue siendo el que se requiere en la estación III (esmeriles manuales), pues el aro en proceso permanece menos de 23 segundos en cualquiera de las demás estaciones. Como los aros pasan por todas las estaciones y cada uno de ellos debe permanecer 23 segundos en la estación III , ésta sigue siendo el cuello de botella, o sea la estación que restringe el ritmo de flujo de la línea. El proceso arrojará un aro cada 23 segundos. Esta longitud de tiempo se denomina tiempo de ciclo en la línea que significa que el proceso tiene una producción máxima diaria de 1252 aros que se calcula como sigue.

$$\begin{aligned} \text{Producción diaria máxima} &= \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Tiempo requerido del ciclo/aro}} = \frac{28,800 \text{ seg/día}}{23 \text{ seg/aro}} \\ &= 1252 \text{ aros/día} , 87 \% \text{ de la capacidad máxima requerida} \end{aligned}$$

Si se compara ésta con la producción del proceso actual de:

$$\text{Producción diaria máxima} = \frac{28,800 \text{ seg/día}}{30 \text{ seg/aro}} = 960 \text{ aros/día}$$

se tiene un aumento del 30% en la capacidad de producción de todo el proceso, pero todavía está abajo de la necesidad máxima de capacidad de producción para satisfacer la proyección de la demanda.

¿ Es la secuencia de actividades factible? Como este proceso sólo se está redistribuyendo, se conoce por experiencia que la secuencia de actividades (tabla 2 a) definidas anteriormente es la mas factible desde el punto de vista técnico.

¿ La línea es eficiente ? Para contestar esta pregunta se debe medir el tiempo productivo y cuanto se pierde. Esta distribución de planta tiene siete estaciones de trabajo , en la I, V hay un obrero para cada estación , en la III ocho, en la II, II. I, IV y VI dos y en la distribución actual en la estación I , V hay un obrero, en la II, IV, y VI dos, en la II. I ocho y en la III once, que reciben un salario por jornada. En la tabla 3 e se ha calculado la eficiencia de la utilización de la mano de obra para el

tiempo de ciclo de 23 segundos, comparándola con la de tiempo de ciclo de 30 segundos.

Tabla 3e Cálculo de eficiencia de alternativa uno y distribución actual.

Alternativa 1	Estación de trabajo							tiempo/ciclo total de obreros	Utilización de Empleados (eficiencia)
	I	II	II.1	III	IV	V	VI		
Tiempo productivo (tiempo de actividad utilizado en cada ciclo)	20	20	3	23	20	20	20	126	78.26 %
Tiempo de trabajadores disponible en cada ciclo (tiempo de ciclo)	23	23	23	23	23	23	23	161	
Tiempo ocioso en cada ciclo	3	3	20	0	3	3	3	35	21.74 %
No. de obreros por estación	1	2	2	8	2	1	2	18	
Distribución actual	Estación de trabajo							tiempo/ciclo total de obreros	Utilización de Empleados (eficiencia)
	I	II	II.1	III	IV	V	VI		
Tiempo productivo (tiempo de actividad) utilizado en cada ciclo	20	20	22	1	20	20	20	123	58.57 %
Tiempo de trabajadores disponible en cada ciclo (tiempo de ciclo)	30	30	30	30	30	30	30	210	
Tiempo ocioso en cada ciclo	10	10	8	29	10	10	10	87	41.43 %
No. de obreros por estación	1	2	8	11	2	1	2	27	

De igual manera para poder evaluar si la alternativa uno es económicamente factible, debe de reducir los costos de operación de proceso. A continuación se muestra el costo de mano de obra, tomando el salario diario por persona al mes de abril de 1996.

$$\begin{aligned} \text{Costo de mano de obra} &= \frac{\text{No. de obreros} \times \text{Salario diario}}{\text{Producción diaria máxima}} = \frac{18 \times \$ 22.60}{1252 \text{ aros/día}} \\ \text{directa (alternativa uno)} &= \$ 0.32 / \text{aro} \end{aligned}$$

$$\text{Costo de mano de obra directa (distribución anterior)} = \frac{27 \times \$ 22.60}{960 \text{ aros/día}} = \$ 0.63 / \text{aro}$$

lo que significa que baja el costo directo de mano de obra en un 49 %.

Aunque con esta alternativa se baja el costo de mano de obra directa y se aumenta la capacidad máxima, no es factible debido a que no satisface a la proyección de la demanda establecida anteriormente.

3.2.4 Propuesta y evaluación de alternativa dos.

De igual manera se propone la alternativa dos (figura 3.8), que es básicamente igual a la alternativa uno, pero la cadena transportadora va desde la soldadora crotti pasando por cada uno de los esmeriles manuales hasta las roladoras haciendo el proceso más continuo y eliminando completamente el centro de trabajo II.1, porque se pueden transportar los aros hasta cada operador de los esmeriles y posteriormente llevarlos hasta la roladora, además para aumentar la producción de este centro de trabajo se instala otro esmeril en serie, lo que implica poner dos operadores más en este centro.

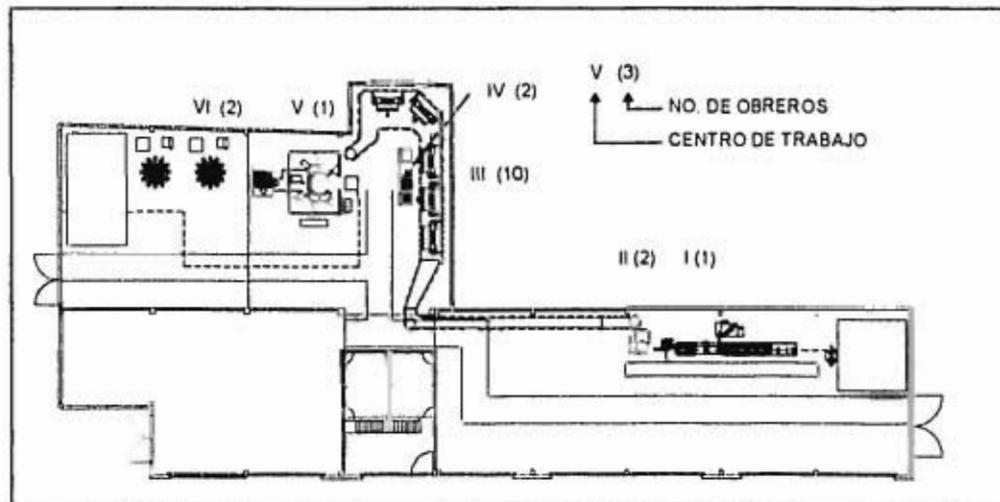


Figura 3.8 Alternativa dos (Distribución de planta)

Para esta alternativa la cadena es considerablemente más grande porque tiene que pasar por arriba del pasillo, subiendo 3 m sobre el nivel de piso terminado N.P.T., pero con este sistema, el tiempo de operación será de 3 minutos con 4 segundos, igual que la alternativa uno, pero el tiempo total del centro de trabajo,

ahora con 10 esmeriladores, para procesar un aro sería de 19 segundos con lo que subiría la capacidad de producción al 105% y en consecuencia subir la productividad de todo el proceso como lo muestra la tabla 3f.

Tabla 3f Optimización de la capacidad de producción de la alternativa dos.

Máquina	Capacidad de Producción	
	En % (AROS/DIA)	en Seg/aro.
I Perfiladora	100% (1440)	20
II Soldadora crotti	100% (1440)	20
Esmeriles manuales (5)	105% (1515)	19
Roladoras	100% (1440)	20
Lijadora-pulidora	100% (1440)	20
Perforadora automática	100% (1440)	20

Evaluando la capacidad de la distribución de planta de la alternativa dos calculando el tiempo de ciclo, como sigue:

$$\text{Producción diaria máxima} = \frac{28,800 \text{ seg/día}}{20 \text{ seg/aro}} = 1440 \text{ aros/día, } 100 \% \text{ de la capacidad requerida}$$

que resulta mejor a la de la alternativa uno porque el tiempo del centro de trabajo III (esmerilado) de un aro es ahora de 19 segundos.

La secuencia de actividades no cambia.

Las estaciones de trabajo y el número de operadores quedan igual que en la primera alternativa, quedando la eficiencia de utilización de mano de obra como sigue:

Tabla 3g Cálculo de eficiencia de alternativa dos.

Alternativa uno	Estación de trabajo						tiempo/ciclo total de obreros	Utilización de Empleados (eficiencia)
	I	II	III	IV	V	VI		
Tiempo productivo (tiempo de actividad) utilizado en cada ciclo	20	20	20	20	20	20	120	100 %
Tiempo de trabajadores disponible en cada ciclo (tiempo de ciclo)	20	20	20	20	20	20	120	
Tiempo ocioso en cada ciclo	0	0	0	0	0	0	0	0 %
No. de obreros por estación	1	2	10	2	1	2	18	

y el costo de mano de obra es ahora de:

$$\text{Costo de mano de obra directa (alternativa dos)} = \frac{18 \times 22.60}{1440 \text{ aros/día}} = \$ 0.29 / \text{aro}$$

que significa que el costo de mano de obra con respecto a la actual distribución está un 54% abajo, que afecta proporcionalmente en el costo del aro.

Como se mostró en la tabla anterior esta alternativa dos es la mejor para el proceso de producción de aros de bicicleta, desde el punto de vista de bajar costo del producto terminado y subir la eficiencia del proceso. Se tabularán en la tabla 3 h los resultados de la distribución anterior comparándola con las de las dos alternativas.

Tabla 3h Tabla de resultados

Distribución	Producción diaria máxima	eficiencia	No. de empleados	Costo directo de mano de obra
Actual	960 aros	58.57 %	27	\$ 0.63
Alternativa 1	1252 aros	78.26 %	18	\$ 0.32
Alternativa 2	1440 aros	100 %	18	\$ 0.29

Con la alternativa dos se tiene que si trabaja al 100% de la capacidad máxima, puede llegar a cubrir la proyección de la demanda, como se presenta en la figura 3.9, hasta el año 2005, pero como la demanda se estabiliza y después tiende a bajar desde el año 2010 no es necesario cambiar el proceso.

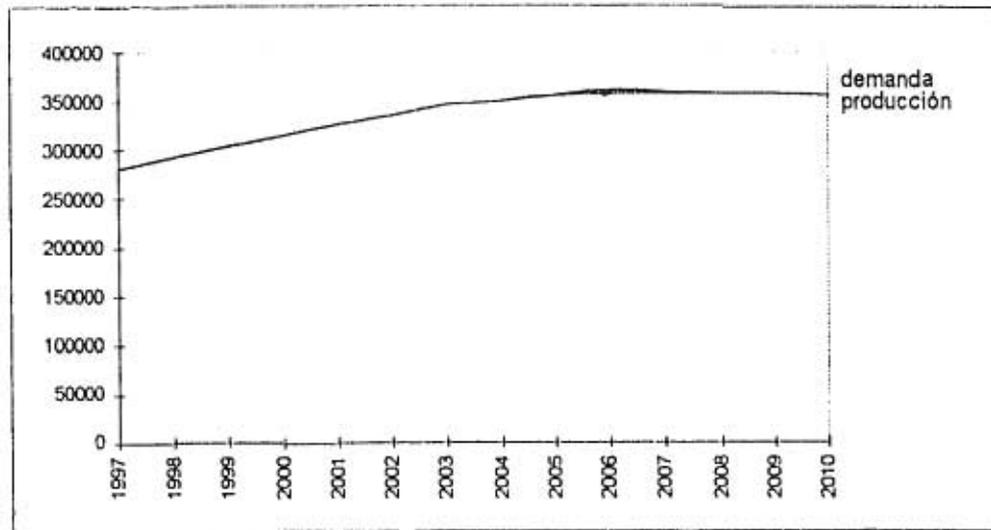


FIGURA 3.9 Gráfica comparativa de la demanda con la producción de la alternativa dos.

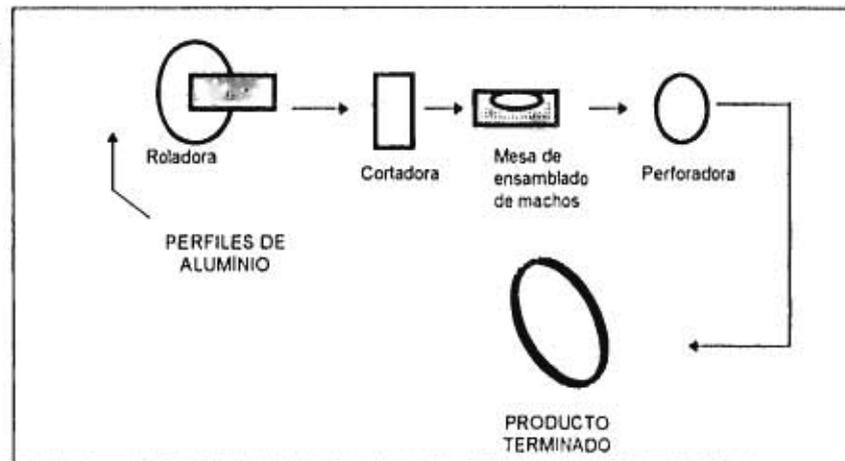
3.3 Distribución de proceso de producción de aros de aluminio.

Anteriormente se mencionó que este proceso es mucho más sencillo debido a que no se sueldan los aros, no se requiere desbastar el cordón de la soldadura, ni pulir las superficies.

La capacidad de este proceso se estima según la proyección de la demanda y se prevé que si el proceso tiene capacidad máxima de 1000 aros/día, con un tiempo de ciclo de 29 segundos, ésta podría satisfacer la demanda hasta el año 2014 como se mencionó anteriormente.

La distribución de las máquinas se hará por proceso y siguiendo la secuencia de operaciones mostrada en la figura 3.10.

FIGURA 3.10
Proceso de producción de aros de aluminio.



La eficiencia del proceso será de 94.82% debido a los tiempos perdidos en transportar los aros de un centro de trabajo al otro, considerando un ayudante, para esta acción, en el centro de trabajo A y D.

Tabla 3i Cálculo de eficiencia de proceso de producción de aros de aluminio.

Alternativa 1	Estación de trabajo					Utilización de Empleados (eficiencia)
	A	B	C	D	tiempo/ciclo total de obreros	
Tiempo productivo (tiempo de actividad utilizado en cada ciclo)	28	28	26	28	110	94.82 %
Tiempo de trabajadores disponible en cada ciclo (tiempo de ciclo)	29	29	29	29	116	
Tiempo ocioso en cada ciclo	1	1	3	1	6	5.18 %
No. de obreros por estación	2	1	2	2	7	

El costo de la mano de obra directa será de:

$$\text{Costo de mano de obra directa (Proceso Al.)} = \frac{7 \times 22.60}{1000 \text{ aros/día}} = \$ 0.16 / \text{aro}$$

que como se mencionó anteriormente, resultó ser mucho menor al de producción de aros de lámina de acero en un 45%.

A la distribución de la alternativa dos del proceso de producción de aros de lámina de acero, se le instalarán las tres máquinas, que forman el proceso de producción de aros de aluminio, y tres maquinas que forman el proceso anexo de troquelado, en la sección cercana a la puerta C de la planta, quedando la distribución final como se muestra en la figura 3.11.

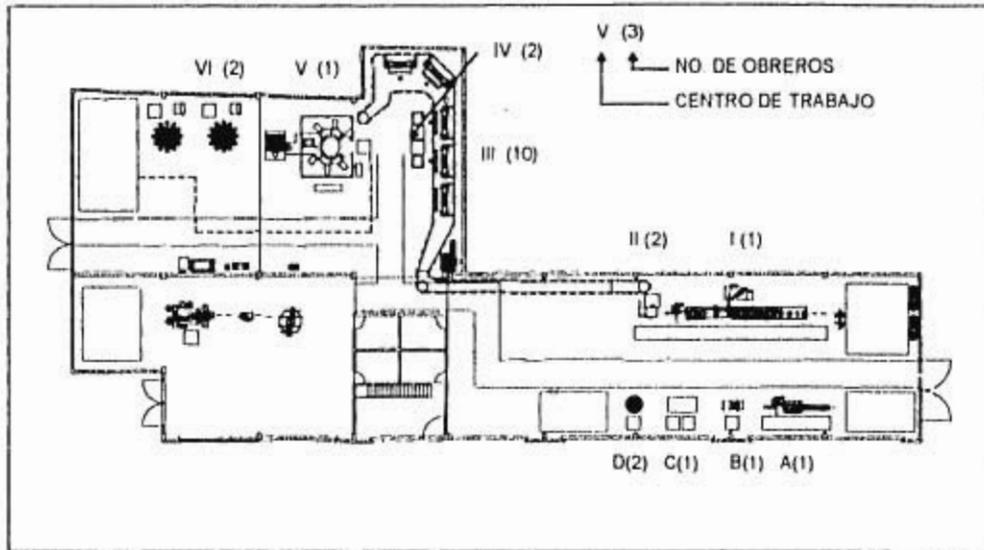


Figura 3.11 Distribución definitiva de planta

El método gráfico por medio de iteraciones utilizado para obtener las alternativas antes mencionadas, puede ser muy largo además de que puede no dar la mejor solución, cuando la persona que lo aplica no tiene una experiencia adecuada que le permita converger rápidamente en la mejor solución. En el caso particular las limitaciones de espacio de la planta y que el proceso está estandarizado, en cuanto a la secuencia de operaciones, se llegó fácilmente a una buena solución.

Dentro del cálculo de los costos de operación, están los costos de energía, que son costo directo al producto final, por lo que en el siguiente capítulo se diseña una instalación eléctrica que consuma el mínimo de energía para minimizar estos costos.

CAPÍTULO 4

Diseño de la instalación eléctrica.

Dado que la energía eléctrica es indispensable para cualquier proceso de producción, el Consejo Mundial de Energía recomienda incrementar la eficiencia en el consumo de ésta, ya sea en cada uno de los hogares o en la industria, para mejorar la rentabilidad económica, la competitividad internacional y reducir el impacto nocivo al medio ambiente.

Para la distribución de planta propuesta en la alternativa dos, descrita en capítulos anteriores, subir la eficiencia en el consumo de la energía eléctrica, significa aprovecharla al máximo para bajar el costo del producto terminado.

Para el diseño de una instalación eléctrica se presenta una metodología especializada, que debe cumplir requerimientos específicos y particulares para instalaciones de este tipo, como:

- La energía eléctrica debe ser distribuida de manera que pueda ser utilizada por todas las cargas, es decir, con las características eléctricas requeridas por cada una de las cargas. La compañía suministradora de energía eléctrica, generalmente transmite la energía hasta cada acometida, con una tensión muy elevada, porque las pérdidas en la transmisión son menores, por lo que es necesario bajar el voltaje de transmisión, que generalmente es de 13.2 KV o 23 KV, hasta el voltaje de operación de la instalación a 220 V o 440 V, además de ser regulado para no tener sobrecalentamiento en los motores.
- La capacidad del sistema debe satisfacer la carga máxima, pero también debe diseñarse para posibles instalaciones futuras, por lo que es necesario saber una aproximación de la capacidad de éstas.

- La instalación eléctrica debe tener la flexibilidad necesaria para que la energía eléctrica pueda llevarse hasta el lugar donde se localice la carga. Generalmente para llevar la energía eléctrica hasta cada carga, se emplean conductores aislados con materiales dieléctricos dentro de canalizaciones, que también deben ser seleccionados considerando las cargas futuras.
- Se debe de procurar que el sistema tenga una continuidad de servicio aceptable, es decir que se tenga energía eléctrica en el momento en que se requiera. Esto se logra con la distribución de los interruptores o contactores en el sistema, que deben conducir la corriente normal del circuito sin sobrecalentarse y deben poder desconectarse sin peligro, bajo condiciones normales o anormales, que deben considerarse en la selección de éstos. Dentro de las condiciones normales de operación de estos dispositivos, se debe considerar, para el caso de motores, que la corriente de arranque es hasta 1.25 de la corriente a plena carga.
- La instalación debe proporcionar seguridad a los usuarios de la misma, ya sean de operación o de mantenimiento. Los factores que debe cubrir cualquier instalación eléctrica son: a) Los dispositivos de protección deben seleccionarse cuidadosamente, en especial para el interruptor de toda la instalación. b) Se deben encerrar todas las partes dentro de un gabinete metálico que debe estar conectado siempre a tierra. c) Se debe tomar en consideración la reglamentación de señalización para estos dispositivos, anotada en la norma de instalaciones eléctricas, además de que por ningún motivo se debe reparar cuando el equipo eléctrico esté energizado.
- Proteger toda la instalación para condiciones anormales de corto circuito, que se presentan generalmente cuando el aislamiento de un conductor se daña, y/o se sobrecarga, que normalmente se presenta cuando la carga exige demasiada corriente en un tiempo largo. Se usan interruptores termomagnéticos y fusibles que interrumpen el servicio automáticamente que deben seleccionarse correctamente para que no se interrumpa el servicio cuando el sistema exige la corriente máxima dentro de los rangos normales de operación.
- Todos los requerimientos anteriores deben seleccionarse, de manera que sean lo más barato posible cumpliendo siempre con la reglamentación establecida en la norma NOM-001-SEMP-1994 referente a instalaciones eléctricas.

Conociendo los requerimientos para el diseño de una instalación eléctrica se describe a continuación la metodología a seguir para calcular la instalación:

1. Obtener una tabla con los siguientes parámetros de diseño:
 - a) Clasificación de la máquina.
 - b) Potencia requerida/factor de potencia.
 - c) Voltaje de operación.
 - d) Corriente de operación.
 - e) Número de fases.
 - f) Factor de demanda.
 - g) Distancia desde el alimentador hasta la ubicación de la carga.
2. Obtener o dibujar un plano de la planta que muestre claramente la capacidad y la localización de las cargas y de la acometida, ya sean cargas presentes o futuras.
3. Establecer los niveles de tensión de operación en toda la red eléctrica tomando en consideración: el nivel de tensión que requiere cada máquina, la seguridad y economía para llevar esta energía hasta la localización de las cargas.
Esta selección de voltajes, puede llevar a tener en una red eléctrica varios niveles de voltaje, pero esto no es conveniente, porque generalmente, todas las máquinas trabajan a un nivel de tensión que está estandarizado 220 V, 440 V, o 127 V, además de que si se tienen varios niveles de voltaje, es necesario tener transformadores dentro de la misma red, que no es económicamente factible.
4. Seleccionar las subestaciones y determinar la localización y las capacidades que deben cubrir éstas, tomando en cuenta el factor de demanda y las cargas futuras, es decir, que se debe conocer aproximadamente la capacidad de las cargas que se pretenden instalar en un futuro.
También es necesario determinar la flexibilidad que se requiere para la red, ya que se puede conectar transformadores adicionales en paralelo con los ya existentes, para aumentar la capacidad de la subestación o para tener uno de reserva si se presenta una falla en el transformador principal.
5. Seleccionar el sistema de distribución de cargas cuidando que tenga una continuidad de servicio aceptable. Es muy importante para el diseñador tener en cuenta el costo de la instalación, porque en esta selección puede variar considerablemente la inversión.
6. Seleccionar los calibres de conductores y las dimensiones de las canalizaciones calculado por capacidad de corriente y por caída de tensión. En estos cálculos se deben realizar tanto para los conductores que alimentan directamente a las

máquinas, como los conductores que suministran energía a los alimentadores generales. Seleccionar elementos de protección, que permitan que la red no sea afectada totalmente, si no que estos sistemas interrumpan el suministro de energía en sólo una parte de la instalación, aumentando de esta manera el nivel de servicio y la seguridad.

7. Para que el diseño de una instalación eléctrica quede completo, el diagrama unifilar deberá incluir las especificaciones del equipo que se utilizará, mostradas en el diagrama unifilar de la instalación.
8. Regular el factor de potencia para mejorar la eficiencia de la instalación.
9. Elaborar una lista de materiales en la que se incluya el costo de la instalación de dichos insumos y los fletes y maniobras necesarios para que la instalación eléctrica quede lista para empezar la operación.

4.1 Parámetros eléctricos de diseño.

Para empezar el diseño de toda instalación eléctrica es necesario conocer la ubicación, características y especificaciones de las máquinas, que son dato indispensable para la selección del calibre de los conductores, alimentadores, protecciones y los centros de carga.

TABLA 4a Parámetros eléctricos de diseño.

No.	Descripción de cargas	P (W, HP)	cos (φ)	V (volts)	I (amps)	No. de fases	F. D.	Distancia x, y (m)	
1	Perfiladora	210 KW	0.85	220	f1 50 f2 570 f3 570	3	0.90	-15.00	4.50
2	Soldadora crotti	75 KW	0.75	220	230	2	0.90	-12.70	3.15
3	Cadenas T.	3 HP	0.80	220	9.41	3	0.95	-21.00	4.80
4	Esmeriles	3 HP	0.78	220	9.65	3	1.00	-36.20	14.05
4.1		3 HP	0.78	220	9.65	3	1.00	-36.20	16.80
4.2		3 HP	0.78	220	9.65	3	1.00	-36.20	20.50
4.3		3 HP	0.78	220	9.65	3	1.00	-36.20	21.40
4.5		3 HP	0.78	220	9.65	3	1.00	-36.20	22.60
5	Roladoras	1 HP	0.83	220	3.02	3	0.90	-45.70	18.50
5.1		1 HP	0.83	220	3.02	3	0.90	-46.90	18.50
6	Pulidora automática.	65 KW	0.79	220	276.83	3	0.90	-43.60	13.30
7	Perforadoras automáticas	8 KW	0.80	220	37.01	3	0.90	-51.40	18.50
7.1		8 KW	0.80	220	37.01	3	0.90	-54.90	18.50
8	Soldadora mig.	4.2 KW	0.80	220	32	2	0.20	-7.60	3.15
9	Soldadora de arco	8.8 KW	0.75	220	62	2	0.20	-8.50	5.10
10	Ventiladores centrifugos	20 HP	0.79	220	63.52	3	1.00	-35.35	7.60
10.1		20 HP	0.79	220	63.52	3	1.00	-47.65	6.30
11	Perforadoras manuales	15 HP	0.76	220	49.52	3	0.20	-52.00	6.30
11.1		5 HP	0.76	220	16.73	3	0.20	-55.00	6.30
12	Compresores de aire	15 HP	0.80	220	47.04	3	0.50	-0.15	1.78
12.1		15 HP	0.80	220	47.04	3	0.50	-0.15	3.50
13	Bomba de agua	1 HP	0.83	220	3.02	3	1.00	-6.30	5.00
14	Roladora Al.	1.5 HP	0.80	220	4.70	3	0.80	-10.30	4.75
15	Sierra cortadora	1.5 HP	0.80	220	4.70	3	0.80	-13.40	4.75
16	Perforadora Al (7 Mot.)	1/3 HP	0.83	220	1.01	3	0.80	-19.10	4.75
17	Planchador	2 HP	0.80	220	6.27	3	0.80	-51.20	2.50
18	Prensa	20 KW	0.75	220	89.72	3	0.80	-56.00	2.30
	TOTALES	487 KW	0.81	-	-	-	-	-	-

Los datos de potencia (P), factor de potencia (cos(φ)), voltaje (V) y número de fases, fueron tomados de la placa de cada máquina y la corriente se calculó con la fórmula IV.1, sólo para los motores trifásicos, tomando una eficiencia promedio de 78%, y para los equipos 1, 2, 8 y 9, señalados con letra negrita se tomó también la corriente de placa. El factor de demanda (F.D.) se calcula posteriormente, dependiendo de la continuidad de servicio de cada máquina.

$$I_{ff} = \frac{P_t}{1.732 \times \eta \times V_{ff} \times \cos(\phi)} \dots\dots\dots IV.1$$

donde:

- I_{ff}** = Corriente de fase.
- V_{ff}** = Voltaje de fase a fase.
- η** = Eficiencia de motor.
- P_t** = Potencia en (W)
- cos(φ)** = factor de potencia

Las distancias son medidas desde la acometida general (origen de coordenadas) hasta cada carga y el alumbrado necesario para la planta ya está instalado por lo que no se considera para estos cálculos.

La NOM-001-SEMP-1994 en la tabla 430.150 muestra la corriente a plena carga para motores trifásicos de corriente alterna, que puede ser utilizada en caso de no tener los datos necesarios para calcular la corriente exacta. Los valores que muestra dicha tabla son mayores a los calculados anteriormente, pero se tomarán los calculados por ser mas exactos.

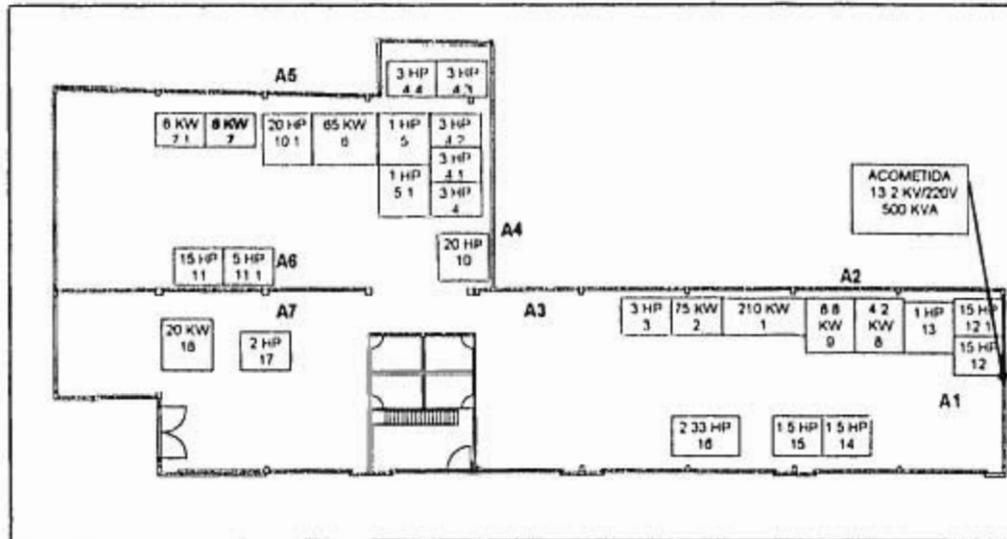
TABLA 4b Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna.

KW	(C.P.)	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A)			Motor síncrono, con factor de potencia unitarios (A)		
		220 V	440 V	2400 V	220 V	440 V	2400 V
.373	½	2.1	1.0				
.560	¾	2.9	1.5				
.746	1	3.8	1.9				
1.119	1 ½	5.4	2.7				
1.49	2	7.1	3.6				
2.23	3	10.0	5.0				
3.73	5	15.9	7.9				
5.60	7 ½	23.0	11.0				
7.46	10	29.0	15.0				
11.19	15	44.0	22.0				
14.92	20	56.0	28.0				
18.65	25	71.0	36.0		54	27	
22.38	30	84.0	42.0		65	33	
29.84	40	109.0	54.0		86	43	
37.3	50	136.0	68.0		108	54	
44.76	60	161.0	80.0	15	128	64	11
55.9...	75	201.0	100.0	19	161	81	14

4.2 Plano de ubicación de cargas.

Después de encontrar la localización exacta para cada una de las máquinas que forman el proceso de aros de lámina de acero, la máquinas de procesos auxiliares y anexo según el estudio realizado en el capítulo anterior, a continuación se muestra en la figura 4.1 la distribución de las cargas y de los alimentadores principales.

FIGURA 4.1 Plano de ubicación de cargas y alimentadores.



En este plano es fácil ubicar los alimentadores y los circuitos derivados para cada alimentador, procurando que cada alimentador suministre energía a las máquinas más cercanas y además regule la energía dependiendo al proceso que pertenezcan las máquinas, obteniendo así la máxima flexibilidad posible del sistema.

4.3 Nivel de tensión.

Probablemente el factor más importante en la determinación del costo de operación y de inversión, es la selección del nivel de tensión de operación del sistema, que además le puede dar al sistema facilidad para adaptarse a aplicaciones futuras.

Las instalaciones eléctricas se pueden catalogar, desde la generación hasta la utilización de la energía en tres grupos, que son: la transformación, la transmisión y la distribución, que depende directamente del nivel de tensión de éstas.

1. Extra alta tensión (más de 345 KV)
2. Alta tensión (80,100,110,220,345 KV)
3. Mediana tensión (66,44,32 KV)
4. Distribución y baja tensión (23,20,13.2,0.440,0.220,0.127 KV)

En este trabajo sólo se utilizarán voltajes de baja tensión y para la selección del nivel de tensión se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- La magnitud de la carga.
- La distancia desde el alimentador hasta la ubicación de la carga.
- Tensión nominal de operación del equipo.
- Normas de Seguridad.

Normalmente el efecto de éstos varían ampliamente en una planta industrial, por ejemplo; la magnitud total de la carga y las dimensiones de la planta tienen poca importancia en la selección del nivel de tensión en el rango de 600 V o más, pero para instalaciones menores de 600 V (baja tensión) la magnitud de la carga y la distancia son muy importantes. Si las cargas son relativamente pequeñas es conveniente utilizar un voltaje bajo, atendiendo a la seguridad del personal, pero las pérdidas son mayores mientras menor sea el voltaje, porque la corriente que circula por los conductores sería mayor.

También la seguridad del personal de operación y mantenimiento es un factor que debe ser considerado la seleccionar la tensión de operación, sin embargo, sólo es importante en aquellos lugares donde se utilizan herramientas portátiles manuales, para los cuales la NOM-001-SEMP'-1994, fija un nivel de tensión máximo de 150 V a tierra.

En casi todas las instalaciones eléctricas industriales la carga la forman motores polifásicos, hornos y soldadoras que operan a 600 V o menos, y de éstas las más comunes son de 440 V y 220 V. El costo de utilizar voltaje de 220 V es 35%

mayor que utilizar 440V, cuando se comparan los equipos de regulación y protección, ya que es mayor la corriente por KVA que se va a conducir.

Sin embargo, a pesar de estas ventajas la tensión de operación necesaria, para el funcionamiento correcto del proceso de producción de aros de lámina es de 220 V, porque en este caso todos los equipos que se instalarán en la planta tienen este nivel de tensión ya que sólo se está redistribuyendo las máquinas ya existentes y las que se seleccionaron tienen este mismo nivel de voltaje, para no tener que instalar un transformador dentro de la instalación..

4.4 Subestación eléctrica.

Se define como el conjunto de equipos que transforman, regulan y controlan la energía eléctrica, en función de los requerimientos de una carga dada. Existen diferentes tipos de subestaciones y conexiones para éstas, citados en el apéndice D.

Antes de seleccionar la capacidad de la subestación eléctrica necesaria para esta planta, se mencionan algunos factores que se deben tomar en cuenta para esta selección.

Como ya se mencionó, el nivel de tensión es muy importante, por lo que el voltaje del secundario en el transformador de la subestación estará a 220 V, y el voltaje del primario será de 13.2 KV que es el nivel al que distribuye la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica en la zona de la ciudad donde está ubicada la planta.

La capacidad total que debe tener la subestación será la suma de las potencias de cada una de las cargas, tomando en consideración el factor de demanda para cada una de ellas. El factor de demanda es la relación entre la demanda máxima continua y la demanda total instalada. Es de vital importancia calcular este factor a partir de un análisis cuidadoso de los ciclos de operación de las cargas del sistema, porque éste afecta el cálculo de la capacidad de subestación, los calibres de los conductores y de los alimentadores que suministran energía hasta los centros de carga, afectando directamente el costo de la instalación.

De la tabla 4a se pueden leer los factores de demanda de cada una de las cargas, éstos se calcularon dependiendo de la continuidad con la que se usa la carga, que está relacionado con la capacidad de producción de cada una de las cargas, por ejemplo; en la tabla 4c se muestra que la perfiladora puede producir 1440 aros/día operando continuamente, pero se considera sólo el 90% de la carga porque no todos los subprocesos operan al mismo tiempo.

TABLA 4c Capacidad de producción y factor de demanda.

Máquina	Capacidad de Producción y factor de demanda	
	(AROS/DÍA)	%
I Perfiladora (1)	1440	90
II Soldadora crotti (1)	1440	90
II.I Transporte de aros desde la crotti hasta la soldadora	1440	95
III Esmeriles manuales (5)	1440	100
IV Roladoras (2)	1440	90
V Lijadora-pulidora (1)	1440	90
VI Perforadora automática (2)	1440	90

La selección de los factores de demanda para las demás máquinas es de acuerdo la capacidad de producción y a los datos de la tabla 4d. Los factores son altos porque al optimizar el proceso de producción, se hizo lo mas continuo posible haciendo que la carga se comporte de la misma manera, teniendo factores desde 0.2 o 20% para circuitos que alimentan a cargas que sólo se utilizan para sustituir a otras, 0.8 o 80% para circuitos intermitentes y 1 o 100% para los que se usan continuamente, con lo que se reduce la capacidad total de 487.25 KW a 411.77 KW, que representa un factor de demanda total de 0.845 o 84.5%.

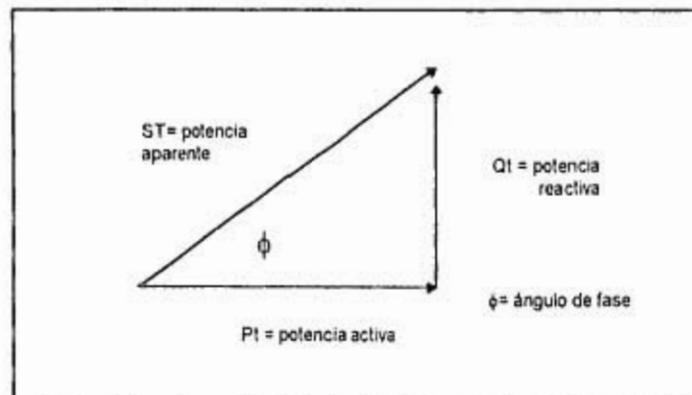
TABLA 4d Factor de demanda en instalaciones industriales.

Tipo de carga	Factor de demanda
Horno de resistencias	1
Accionamiento de calderas	
Productoras de vapor	
Horno de inducción	1
Motores de 0.5 a 2 KW	1
Motores de 2.5 a 10 KW	0.7
Motores de 10.5 a 30 KW	0.8
Motores mas de 30 a KW	0.8
Soldadoras eléctricas	1
Grúas y montacargas en general	0.8

El factor de potencia también es importante porque de éste depende la capacidad total de potencia real de la subestación, ya que mientras mayor sea también mayor será la potencia aparente.

FIGURA 4.2

Triángulo de potencias



La potencia aparente denominada comúnmente **ST** con unidades VA, tiene dos componentes; la potencia reactiva denominada **QT** (VAR) y la potencia activa denominada **PT** (W), que tienen una relación según se muestra en el triángulo de potencias en la figura 4.2.

Estas potencias tienen la siguientes relación trigonométrica:

$$S_T = (3)^{1/2} \times V_{ff} \times I_{ff} \dots\dots\dots IV.2$$

$$P_T = (3)^{1/2} \times V_{ff} \times I_{ff} \times \cos(\phi) \dots\dots IV.3$$

$$Q_T = (3)^{1/2} \times V_{ff} \times I_{ff} \times \text{sen}(\phi) \dots\dots IV.4$$

$$S_T = (P_T^2 + Q_T^2)^{1/2} \dots\dots\dots IV.5$$

Utilizando estas fórmulas se calcula la potencia aparente y la reactiva, mostradas en la tabla 4e, para cada una de las cargas y para calcular el factor de potencia total la instalación se calcula de la siguiente manera.

$$\phi = \tan^{-1} \frac{VAR_{tot}}{W_{tot}} \dots\dots\dots IV.6$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{298,409.24 \text{ VAR}}{411,772.75 \text{ W}}$$

$$\cos(\phi) = 0.81 \dots\dots\dots IV.7$$

TABLA 4e Tabla de potencias.

No.	Descripción	cos(φ)	Pot. activa W	Pot. reactiva VAR	Pot. aparente VA
1	Perfiladora	0.85	189,000.00	117,131.68	222,352.94
2	Soldadora crotti	0.75	67,500.00	59,229.40	90,000.00
3	Cadenas transportadoras	0.80	2,1252.15	1593.86	2656.44
4	Esméricas	0.78	2,237.00	1,794.70	2,867.95
4.1		0.78	2,237.00	1,794.70	2,867.95
4.2		0.78	2,237.00	1,794.70	2,867.95
4.3		0.78	2,237.00	1,794.70	2,867.95
4.4		0.78	2,237.00	1,794.70	2,867.95
5	Roladoras	0.83	671.40	451.18	809.92
5.1		0.83	671.40	451.18	808.92
6	Pulidoras automáticas	0.79	58,500.00	45,401	74,051
7	Perforadoras automáticas	0.80	7,200.00	5,400.00	9,000.00
7.1		0.80	7,200.00	5,400.00	9,000.00

TABLA 4e Tabla de potencias, continuación.

No.	Descripción	cos(ϕ)	Pot. activa W	Pot. reactiva VAR	Pot. aparente VA
8	Soldadora mig.	0.80	840.00	630.00	1,050.00
9	Soldadura por arco	0.75	1,760.00	1252.17	2,346.67
10	Ventiladores Centrifugos	0.79	14,914.00	11,574.53	18,878.48
10.1		0.79	14,914.00	11,574.53	18,878.48
11	Perforadoras manuales	0.76	2,237.20	1,913.17	2,943.68
11.1		0.75	745.80	657.73	994.40
12	Compresores de aire	0.80	5593.00	4194.75	6991.25
12.1		0.80	5593.00	4194.75	6991.25
13	Bomba de agua	0.83	746.00	501.32	898.80
14	Roladora Al.	0.80	894.40	670.80	1,118.00
15	Sierra cortadora	0.80	894.40	670.80	1,118.00
16	Perforadora Al (7 Mot.)	0.83	199.20	133.86	240.00
16.1		0.83	199.20	133.86	240.00
16.2		0.83	199.20	133.86	240.00
16.3		0.83	199.20	133.86	240.00
16.4		0.83	199.20	133.86	240.00
16.5		0.83	199.20	133.86	240.00
16.6		0.83	199.20	133.86	240.00
17	Planchador	0.80	1,193.60	895.20	1,492.00
18	Prensa	0.75	16,000.00	14,110.67	21,333.33
	TOTAL DE CARGA	0.81	411,772.75 W	298,409.24 VAR	508,532.07 VA

Para la selección particular de la subestación sólo evaluaremos si la subestación que alimenta actualmente a la planta B tiene capacidad suficiente para abastecer a la nueva planta. Esta subestación existente tiene las siguientes características:

Capacidad máxima	500 KVA
Voltaje en el primario	13.2 KV
Voltaje en el secundario	220 V
Frecuencia	60 HZ

La capacidad requerida por cálculo necesaria para la planta nueva es de 508,532.07 VA por lo que no es suficiente la capacidad de la subestación para la carga actual, pero si el factor de potencia se corrige a 0.9 o más, la potencia aparente total será menor a 500 KVA y se podrá utilizar la subestación existente.

La corrección del factor de potencia se hará en el subcapítulo 4.8, con la finalidad de mejorar el sistema y evitar costos de penalización por un factor de potencia por abajo de 0.90.

El voltaje del secundario y del primario así como la frecuencia coinciden con los requerimientos para la nueva instalación, por lo que se utilizará la subestación existente con un factor de potencia mayor a 0.9.

Los elementos principales de desconexión, la red de tierras y el apartarrayos, que tiene la subestación actualmente, se utilizaran para la nueva instalación, porque la carga de 210 KW y 65 KW, que son las mayores, permanecen igual que la instalación actual en la planta B, además la corriente de corto circuito de la acometida también está dentro de un rango similar, por lo que no se presenta ningún problema en instalar esta subestación en la planta nueva.

4.5 Sistemas de distribución de cargas de baja tensión.

Cualquier instalación eléctrica requiere de flexibilidad y continuidad de servicio, es decir, que necesita estar "separada" en diferentes circuitos para poder interrumpir y regular el suministro de energía una sola parte de la instalación en caso de falla o simplemente para mantenimiento de algún circuito en particular.

Existen cuatro arreglos para la disposición de los elementos descritos en el apéndice E, que tiene diferentes características de regulación, flexibilidad y continuidad de servicio, además de que el costo de inversión cambia mucho entre arreglos. Según las características de la instalación, las cargas y principalmente a que se tiene ya la subestación que se va a instalar, el arreglo será el radial simple porque sólo requiere de una subestación además de que es el más barato.

Para poder seleccionar los calibres de los conductores y las protecciones contra sobrecorrientes, primero se muestra un diagrama unifilar en la figura 4.3, que muestra la distribución de las cargas para cada alimentador. La distribución de las cargas en los alimentadores debe ser cuidadosa, tomando en cuenta los siguientes factores:

- Cada alimentador debe suministrar energía a los equipos más cercanos para que los conductores no sean muy largos y no se presente caídas grandes de tensión.
- Se distribuyen las máquinas en cada alimentador con la finalidad de que exista un interruptor y una protección principal que puedan separar sección por sección toda la instalación.
- Cada sección debe corresponder en la medida de lo posible a un subproceso, con lo que se obtiene flexibilidad al sistema.

La ubicaciones de cada alimentador principal, también medida con ayuda del programa Autocad, referidas a el eje coordenado donde la acometida es el origen (0,0) son:

A1	-40,	3.3
A2	-10.20	4.93
A3	-33.05	4.93
A4	-35.45	8.8
A5	-49.60	18.14
A6	-19.60	6.29
A7	-52.45	4.93

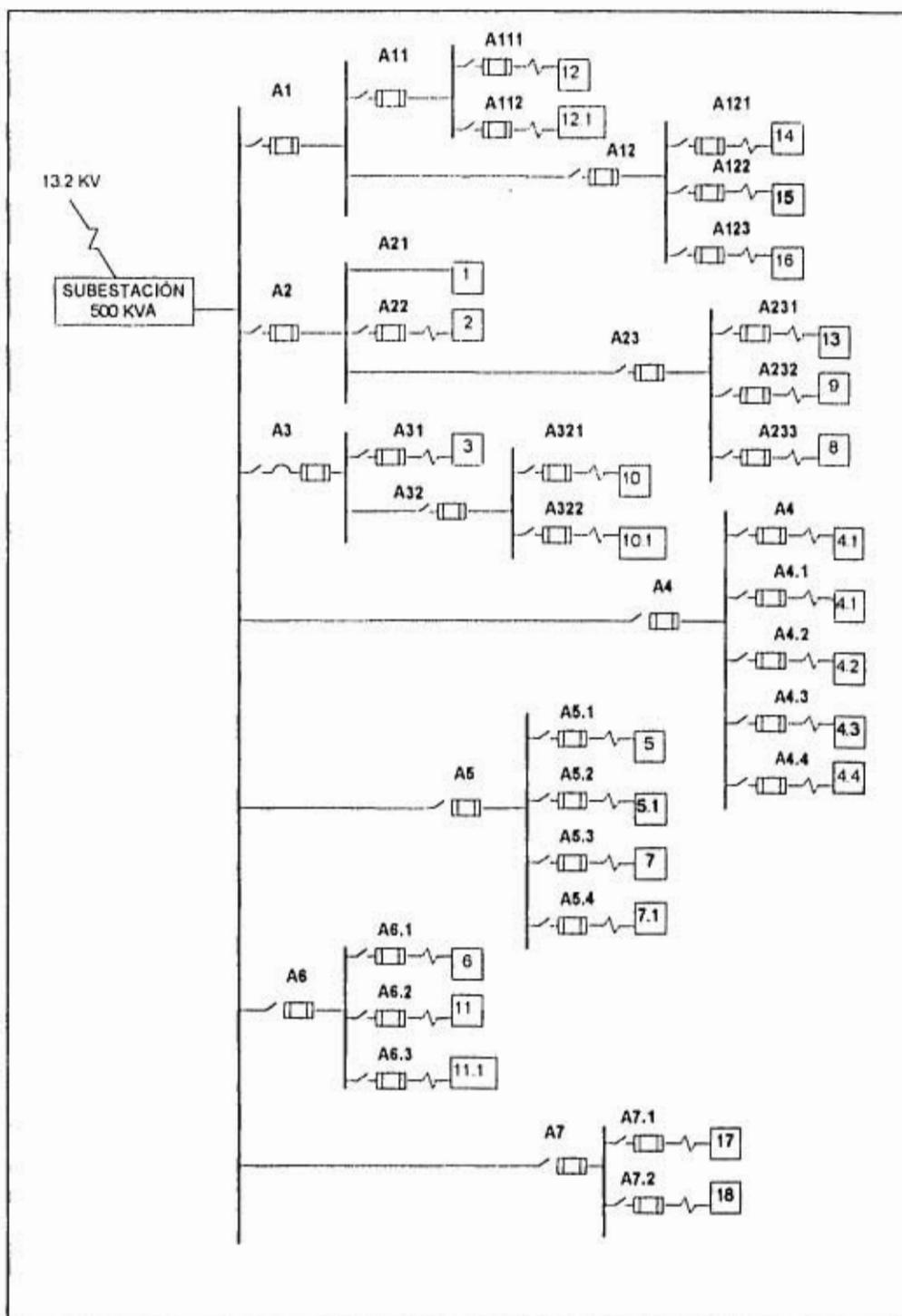


FIGURA 4.3 Diagrama unifilar de distribución de cargas por alimentador.

4.6 Selección de calibre de conductores, canalizaciones y elementos de protección.

La selección de los conductores se hace por corriente y por caída de voltaje, para la selección de conductores por corriente en un alimentador de motores se utilizará la fórmula IV.8 según el artículo 430-24 de la NOM-001-SEMP-1994, que dice que los conductores que alimentan a varios motores y a otras cargas, deberán tener la capacidad de conducción de corriente, igual a la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más el 25% de la corriente nominal del motor mayor del grupo, más la corriente nominal de otras cargas. La corriente de los dispositivos de protección contra sobrecarga (I_{sc}) no debe ser mayor a la I_A , según el artículo 430-32 1), si se toma como factor de servicio menor a 1.5.

$$I_A = 1.25 \times I_{NM} + \sum I_N(\text{otros motores}) + \sum I_C(\text{otras cargas}) \dots \text{IV.8}$$

donde:

I_A = Corriente del alimentador.

I_{NM} = Corriente nominal de motor de mayor capacidad a plena carga.

I_N = Corriente nominal de los demás motores.

I_C = Corriente de otras cargas.

Y para conductores que alimenten directamente a los motores se seleccionan para que resistan el 125% de la corriente a plena carga del motor es decir $I_M = 1.25 \times I_N$.

Una vez teniendo la corriente que debe soportar el conductor se selecciona el conductor en la tabla 4.f que es parte de la tabla 310-16 de la NOM-001-SEMP-1994, que muestra sólo las capacidades para los conductores de cobre.

Para el análisis de capacidad de corriente por caída de voltaje se usará la fórmula IV.9 en la que $e\%$ no puede ser mayor a 5% para instalaciones eléctricas industriales según el artículo 310-15 de la NOM-001-SEMP-1994

$$e\% = \frac{2 \times 1.732 \times L \times I_e}{s \times V_f} \dots \text{IV.9}$$

donde:

$e\%$ = Caída de voltaje.

L = Longitud del conductor en m.

I_e = Corriente de la carga.

s = Sección transversal del conductor en mm^2 .

V_f = Voltaje de fase.

Los cálculos para la corriente de protecciones contra corto circuito y falla a tierra son similares a los hecho para seleccionar conductores pero se utiliza un factor que depende del tipo de dispositivo que se utilice. La fórmula utilizada es la IV.10 y la selección del factor se muestra en la tabla 4h, que es parte de la tabla 430-152 de la NOM-001-SEMP-1994

$$I_p = f_p \times I_{SM} + \sum I_N(\text{otros motores}) + \sum I_c(\text{otras cargas}) \quad \dots IV.10$$

donde:

- I_p = Corriente de protección del alimentador.
- f_p = Factor de dispositivo de protección.
- I_{SM} = Corriente nominal de motor de mayor capacidad.
- I_N = Corriente nominal de los demás motores.
- I_c = Corriente de otras cargas.

TABLA 4f Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2000 V, 60° a 90° C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30° C.

Área de sección transversal mm ² (AWG- KCM)	Temperatura máximas de operación		
	60° C	75° C	90° C
	TIPOS TW UF	TIPOS THW, THHW THW-LS, THHW-LS THWN, XHHW	TIPOS SA, SIS, FEP FEPB RHH, RHW-2..
	C O B R E		
0.8335 (18)	14
1.307 (16)	18
2.082 (14)	20	20	25
3.307 (12)	25	25	30
5.260 (10)	30	35	40
8.367 (8)	40	50	55
13.30 (6)	55	65	75
21.15 (4)	70	85	95
33.62 (2)	95	115	130
43.41 (1)	110	130	150

TABLA 4f Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2000 V, 60° a 90° C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30° C. (continuación)

Área de sección transversal mm ² (AWG- KCM)	Temperatura máximas de operación		
	60° C	75° C	90° C
53.48 (1/0)	125	150	170
67.43 (2/0)	145	175	195
85.01 (3/0)	165	200	225
107.2 (4/0)	195	230	260
126.7 (250)	215	255	290
152.0 (300)	240	285	320
177.3 (350)	260	310	350
202.7 (400)	280	335	380
253.4 (500)	320	380	430
304.0 (600)	355	420	475
380.0 (750)	400	475	535
506.7 (1000)	455	545	615

TABLA 4g Factor de ciclo de trabajo para soldadoras

Por ciento %	100	90	80	70	60	50	40	30	20
Factor	1.00	0.95	0.89	0.84	0.78	0.71	0.63	0.55	0.45

TABLA 4h Máximo rango o ajuste para el dispositivo de protección contra corto circuito y falla a tierra del circuito derivado del motor

Tipo de motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo	Fusible de dos elementos (con retardo de tiempo)	Interruptor termomagnético instantáneo	Interruptor termomagnético de tiempo inverso
Todos los motores CA monofásicos y polifásicos de jaula de ardilla y sincrónicos (+) de arranque a tensión plena con resistencias o reactores Sin letra de código	300	175	700	250
Letra de Código				
F a V	300	175	700	250
B a E	250	175	700	200
A	150	150	700	150
Más de 30 A Sin letra de Código	200	175	700	200
Letra de Código				
F a V	250	175	700	200
B a E	200	175	700	200
A	150	150	700	150

Para los alimentadores A1, A3, A4, A5, A6, A7 se calcula la corriente del alimentador, la corriente de alimentadores secundarios y la corriente para la carga directa para seleccionar los conductores y después evaluar que la caída de tensión no sea mayor de 5%. Se considera que las protecciones contra corto circuito y falla a tierra son fusibles sin tiempo de retardo que según la tabla 4h deben resistir el 300% de la corriente a plena carga.

En cualquier instalación eléctrica, es norma de seguridad que todas las partes metálicas que se encuentran accesibles a el tacto del personal, deben mantener un potencial bajo, para que en el caso de accidentes no haya peligro. Es decir que todos los elementos metálicos que están cerca de los elementos con tensión deben estar puestos a tierra para tener, de esta manera, un potencial lo suficientemente bajo para evitar accidentes. Según lo establecido por la tabla 250-95 de la NOM-001-SEMP-1994, mostrada en la tabla 4i, el calibre del conductor que se conecta de la carcasa de los motores o de los gabinetes de las soldadoras a el electrodo de tierra depende de el ajuste del dispositivo contra sobrecorriente. Éste debe se fijarse fuertemente a la superficie que lo soporta. Este conductor, de cobre o aluminio, de calibre 4 AWG o mayor estará protegido por un tubo conduit si está expuesto a daños mecánicos y si es de calibre 6 AWG y no está expuesto a daños mecánicos, éste puede correr a lo largo del muro sujetado por grapas a la construcción, pero normalmente corren dentro de un tubo conduit metálico.

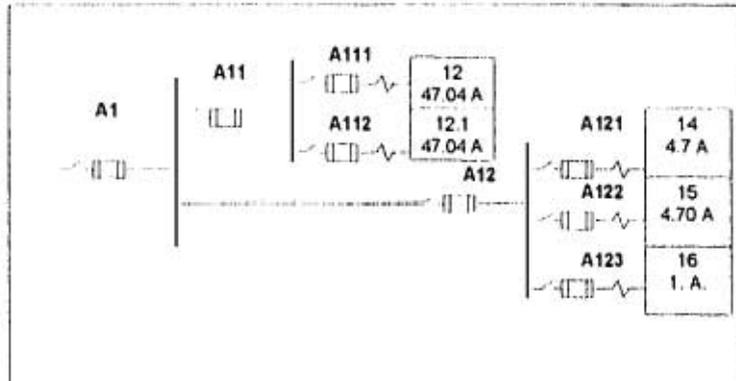
TABLA 4i tabla 250-95 Sección transversal de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Capacidad de ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente	sección transversal	
	COBRE AWG	ALUMINIO AWG
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Para hacer más claro el seguimiento de cálculo de cada alimentador se muestra a continuación el cálculo, paso a paso, del alimentador A1.

Teniendo la distribución de cargas de la figura 4.3, se analiza la distribución referente a el alimentador A1, que se muestra en la siguiente figura 4.4

FIGURA 4.4
Diagrama unifilar de
alimentador A1.



Para seleccionar el calibre de los conductores por corriente del alimentador A1, se consideran las corrientes de cada carga ubicando la carga nominal del motor de mayor capacidad, que se leen de la tabla 4a y se aplica la fórmula IV.8.

$$I_A = 1.25 \times 47.04 + (47.04 + 4.7 + 4.7 + 1) + 0 = 122.94 \text{ amps.}$$

Una vez calculada la corriente nominal del alimentador se selecciona de la tabla 4f el calibre de cada fase que en este caso como es de 122.4 amps., se selecciona el conductor calibre 1, que soporta hasta 130 amps a 75° C de temperatura de operación. Es muy importante seleccionar el calibre del conductor considerando que la corriente calculada I_A esté siempre por abajo de la corriente tabulada para no tener sobrecalentamiento en el aislamiento del conductor.

Posteriormente se lee también de la tabla 4f el área transversal del conductor de mm^2 para calcular, según la fórmula IV.9, que la caída de voltaje en el conductor no sobrepase del 5% que es el límite máximo permitido por la NOM-001-SEMP-1994.

$$e\% = \frac{2 \times 1.732 \times 2 \times 122.04}{42.41 \times 220} = .09\%$$

Como se observa, en la fórmula anterior se requiere de la longitud del conductor, esta magnitud se midió en el plano de la figura 4.1 considerando todo el recorrido incluyendo las alturas.

Para calcular la corriente de protección se seleccionó un fusible sin retardo de tiempo que tiene un factor del 300% según la tabla 4h. Este factor se utiliza en la fórmula IV.10, mostrada a continuación.

$$I_p = 3 \times 47.04 + (47.04+4.7+4.7+1) + 0 = 198.56 \text{ amps.}$$

Una vez que se obtiene la corriente I_p se puede seleccionar la capacidad del dispositivo de protección, de acuerdo con las capacidades normalizadas en el mercado, obteniendo también conforme a la tabla 4i, el calibre del conductor a tierra.

Siguiendo la misma secuencia de cálculos se obtiene todos los resultados mostrados en la tabla 4j en la que no aparece el alimentador A2 porque está desbalanceado.

TABLA 4j tabla de resultados de cargas de motores

A1	IA1	IA11	IA2	IA111	IA112	IA121	IA122	IA123
	47.07	47.04	7.7	47.07	4.7	4.7	4.7	1
	17.04	47.04	4.7					
	4.7		4.7					
	4.7							
	7.7							
CORRIENTE IA/ISC (amps)	122.94	105.84	19.03	58.84	58.84	5.88	5.88	1.25
CORRIENTE IP (amps)	205.26	188.16	32.50	141.21	141.21	14.10	14.10	3.00
CAL. COND. (AWG)	1	2	12	6	6	12	12	12
ÁREA TRANS. (mm ²)	42.41	336.62	3.307	13.3	133	3.31	3.31	3.31
LONGITUD (m)	2	1	3.3	2	4	4	4	8
e% (NO MAYOR A 5%)	0.913	0.0496	0.299	0.139	0.139	0.11	0.11	0.37
CAL. COND. TIERRA	6	6	10	6	6	14	14	10
A3	IA3	IA31	IA32	IA321	IA322			
	63.52	9.41	63.52	63.52	63.52			
	63.52		63.52					
	9.41							
CORRIENTE IA/ISC (amps)	152.23	11.76	142.9	79.40	79.40			
CORRIENTE IP (amps)	263.49	28.23	254.1	190.56	190.56			
CAL. COND. (AWG)	2/0	12	1/0	4	4			
ÁREA TRANS. (mm ²)	67.43	3.307	53.48	21.15	21.15			
LONGITUD (m)	40	11	34	2.5	2.5			
e% (NO MAYOR A 5%)	1.4229	0.6161	1.431	0.148	0.148			
CAL. COND. TIERRA	4	10	10	6	6			

Tabla 4j tabla de resultados de cargas de motores, continuación.

A4	IA4	IA41	IA42	IA43	IA44	IA45		
	9.65	9.65	9.65	9.65	9.65	9.65		
	9.65							
	9.65							
	9.65							
	9.65							
CORRIENTE IA/ISC (amps)	50.66	12.06	12.06	12.06	12.06	12.06		
CORRIENTE IP (amps)	67.55	28.95	28.95	28.95	28.95	28.95		
CAL. COND. (AWG)	8	12	12	12	12	12		
ÁREA TRANS. (mm ²)	8.367	3.307	3.307	3.307	3.307	3.307		
LONGITUD (m)	24	3.5	9	14	16	16		
e% (NO MAYOR A 5%)	1.8524	0.201	0.517	0.804	0.919	0.919		
CAL. COND. TIERRA	8	10	10	10	10	10		
A5	IA5	IA51	IA52	IA53	IA54			
	37.01	37.01	37.01	3.02	3.02			
	37.01							
	3.02							
	3.02							
CORRIENTE IA/ISC (amps)	89.31	46.26	46.26	3.78	3.78			
CORRIENTE IP (amps)	154.68	111.03	111.03	9.06	9.06			
CAL. COND. (AWG)	2	8	8	12	12			
ÁREA TRANS. (mm ²)	33.62	8.367	8.367	3.307	3.307			
LONGITUD (m)	70	4	3	2	6			
e% (NO MAYOR A 5%)	2.9281	0.3482	0.261	0.36	0.108			
CAL. COND. TIERRA	6	8	8	14	14			
A6	IA6	IA61	IA62	IA63				
	276.83	276.83	49.52	16.73				
	49.83							
	49.52							
	16.73							
CORRIENTE IA/ISC (amps)	412.29	346.04	61.90	20.91				
CORRIENTE IP (amps)	896.74	830.49	148.56	50.91				
CAL. COND. (AWG)	600	500	6	12				
ÁREA TRANS. (mm ²)	304	253.4	13.3	3.307				
LONGITUD (m)	66	15	4	7				
e% (NO MAYOR A 5%)	1.4094	0.3225	0.293	0.697				
CAL. COND. TIERRA	2/0	2/0	6	10				
A7	IA7	IA71	IA72					
	89.72	89.71	6.27					
	6.27							
CORRIENTE IA/ISC (amps)	181.42	112.15	7.84					
CORRIENTE IP (amps)	257.43	269.16	18.81					
CAL. COND. (AWG)	2	2	12					
ÁREA TRANS. (mm ²)	42.41	33.62	3.307					
LONGITUD (m)	60	4	10					
e% (NO MAYOR A 5%)	2.638	0.2101	0.373					
CAL. COND. TIERRA	4	4	12					

Para poder calcular el alimentador A2 se hará un diagrama en la figura 4.5 que muestre las tres fases y la conexión de las cargas bifásicas de las soldadoras en el sistema trifásico, tratando de que las corrientes en el alimentador sean iguales en cada fase para balancearlas y evitar pérdidas en el transformador de la subestación principal. En la perfiladora no se calculan protecciones porque ésta ya tiene un alimentador.

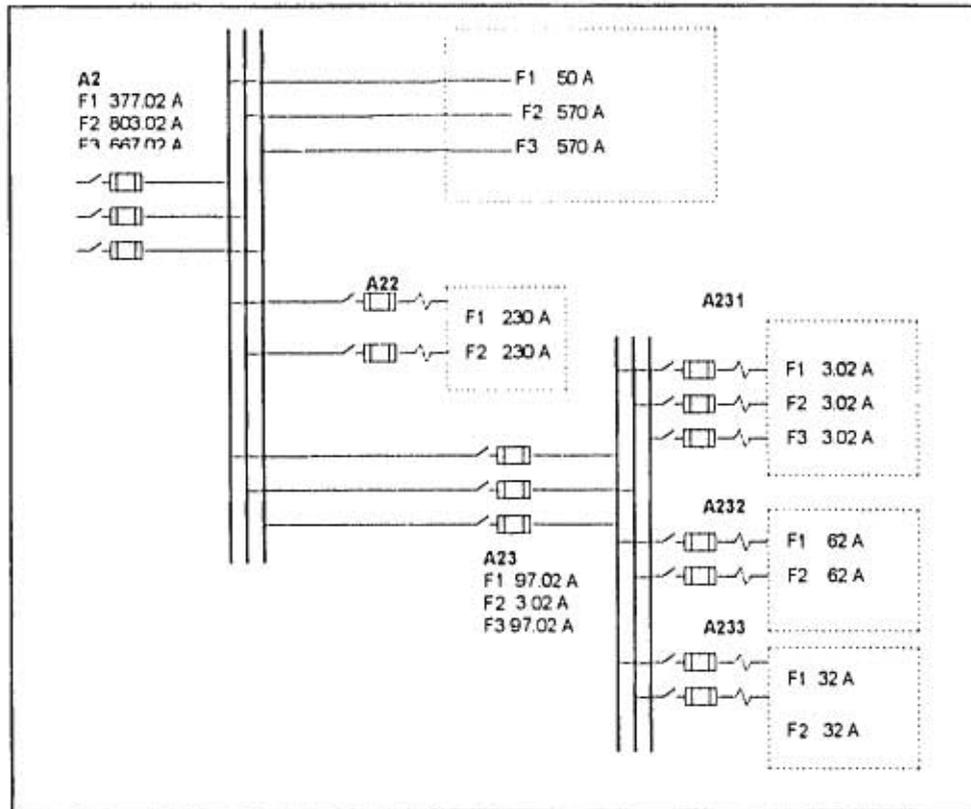


FIGURA 4.5 Diagrama de alimentador A2

La selección de los conductores por corriente se hace con las mismas ecuaciones, pero el factor de 1.25 que se utilizó para motores se substituye por 1 según el ciclo de trabajo 100% de la tabla 4g, porque la corriente mayor es la que requieren las soldadoras. Los cálculos se hacen por fase porque por cada una circula diferente corriente y los resultados de estos cálculos se muestran en la tabla 4 k.

La selección de conductores por caída de voltaje se realiza considerandolo como un sistema monofásico porque se calcula por fase y se hace con la fórmula IV.11.

$$e\% = \frac{4 \times L \times I_e}{s \times V_f} \dots \dots \dots \text{IV.11}$$

donde:

- e% = Caída de voltaje.
- L = Longitud del conductor en m.
- le = Corriente de la carga.
- s = Sección transversal del conductor en mm².
- Vf = Voltaje de fase.

La protección contra sobrecorrientes según el artículo 630-12 no deberá ser mayor al 200% de la corriente primario de la soldadora, por lo que se usa para la corriente Ip el 175% de la corriente del primario.

Tabla 4k Tabla de resultados alimentador A2

A2	IA2 F1	IA2 F2	IA2 F3	IA22 F1	IA22 F2	IA23 F1	IA23 F2	IA23 F3
	230	570	570	230	230	62	3.02	62
	62	230	62			32		32
	50	3.02	32			3.02		3.02
	32		3.02					
	3.02							
CORRIENTE IA (amps)	377.02	803.02	667.02	230	230	97.02	3.02	97.02
CORRIENTE IP (amps)	549.52	1230.52	1094.52	402.5	402.5	143.52	5.29	143.52
CAL. COND. (AWG)	2 X 3/0	2 X 600	2 X 500	4/0	4/0	2	12	2
ÁREA TRANS. (mm ²)	170.02	608	506.8	107.02	107.02	33.62	3.307	33.62
LONGITUD (m)	15	15	15	5	5	4	4	4
e% (NO MAYOR A 5%)	0.6	0.36	0.36	0.20	0.20	0.21	0.07	0.21
CAL. COND. TIERRA	3/0	3/0	3/0	3	3	6	6	6
A2	IA231 F1	IA231 F2	IA231 F3	IA232 F1	IA232 F3	IA233 F1	IA233 F3	
	3.02	3.02	3.02	62	62	32	32	
CORRIENTE IA (amps)	3.02	3.02	3.02	62	62	32	32	
CORRIENTE IP (amps)	5.29	5.29	5.29	108.50	108.50	56	56	
CAL. COND. (AWG)	12	12	12	6	6	10	10	
ÁREA TRANS. (mm ²)	3.307	3.307	3.307	13.3	13.3	5.26	5.26	
LONGITUD (m)	4	4	4	4	4	4	4	
e% (NO MAYOR A 5%)	0.07	0.07	0.07	0.34	0.34	0.44	0.44	
CAL. COND. TIERRA	14	14	14	8	8	10	10	

4.7 Diagrama unifilar

En un diagrama unifilar se deberá mostrar:

- Arreglos de los alimentadores y de los circuitos derivados,
- Características eléctricas del equipo empleado y niveles de tensión. En el caso de esta instalación no se muestra el nivel de tensión porque éste es constante a 220 V.
- Calibre de los conductores de los alimentadores y dimensiones de las canalizaciones. En el caso particular para las canalizaciones principales se utiliza ducto cuadrado de 4 pulgadas de lado y para los circuitos que alimentan directamente a la maquinaria se utilizará tubo conduit de 2 pulgadas, a excepción de la alimentación de la perfiladora y de la lijadora-pulidora automática que se aplicará el mismo ducto cuadrado de 4 pulgadas.
- Como son capacidad de conducir la corriente normal de los interruptores y la capacidad interruptiva para corrientes de falla del mismo,
- Características del transformador en la subestación,

El arreglo de cargas y alimentadores se basa en la figura 4.6 y para ejemplificar el diagrama unifilar se secciona según el alimentador al que le corresponda y para el alimentador A2 se dibujará un diagrama trifilar por ser la sección desbalanceada del sistema.

Con la finalidad de que los diagramas sean los más claros posibles, se muestran por alimentador con las siguientes características.

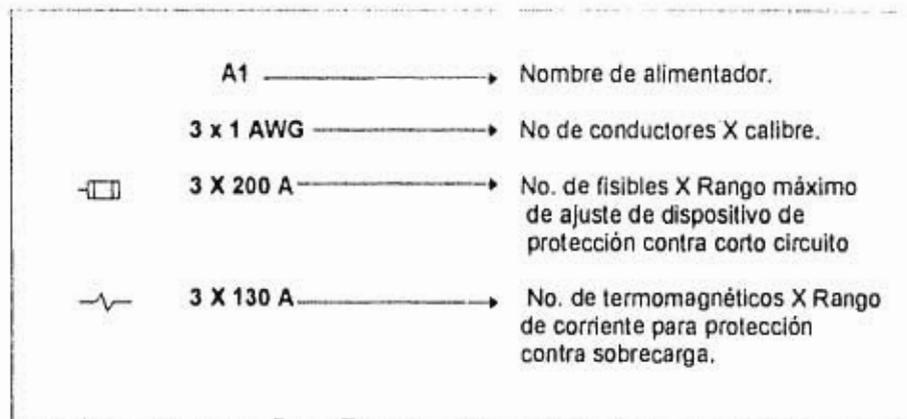


Figura 4.6 Relación de simbología para diagramas unifilares.

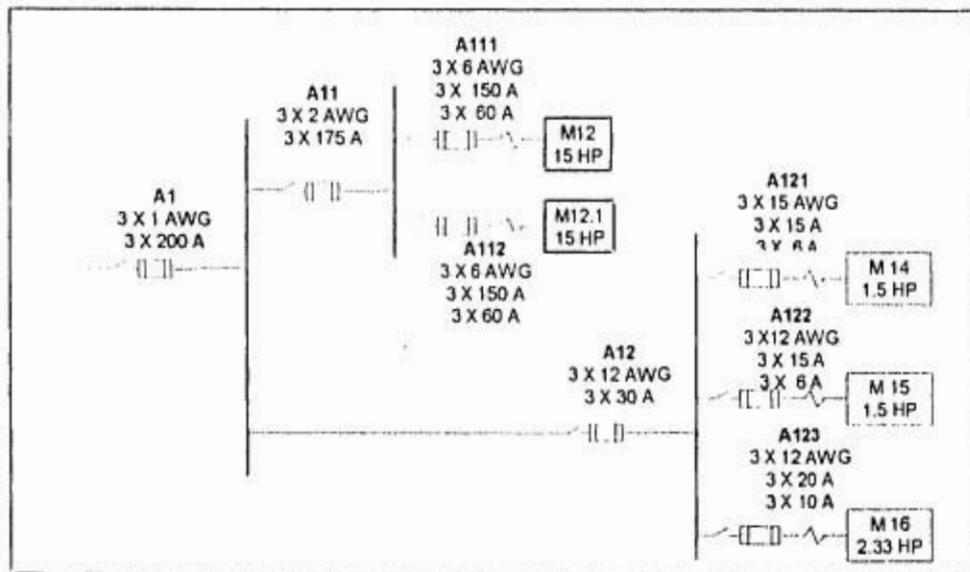


FIGURA 4.7 Diagrama unifilar del alimentador A1.

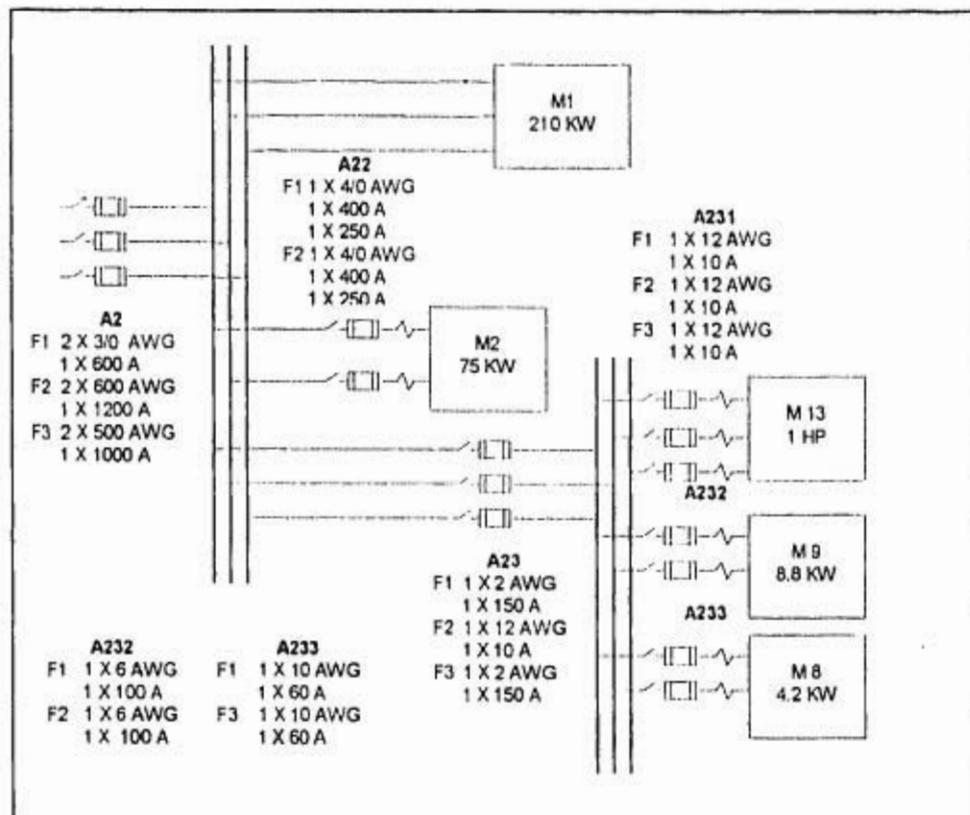


FIGURA 4.8 Diagrama trifilar del alimentador A2.

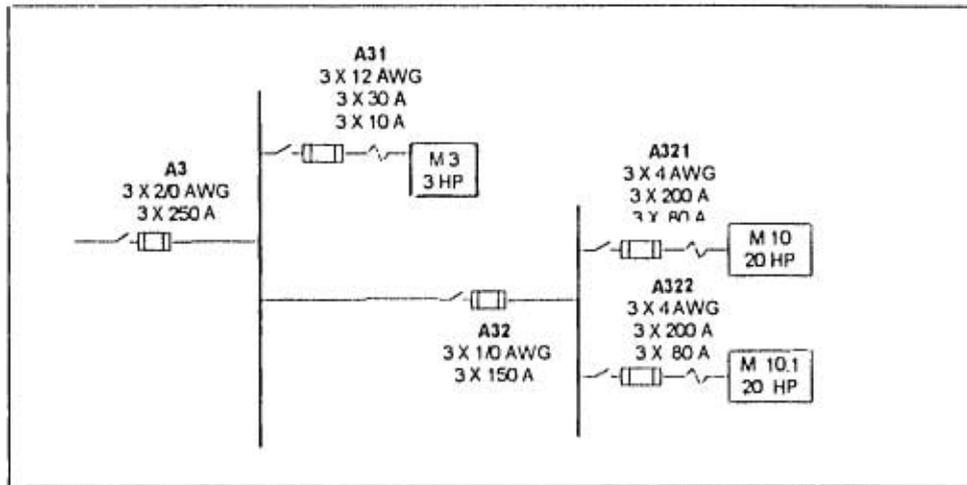


FIGURA 4.9 Diagrama unifilar del alimentador A3.

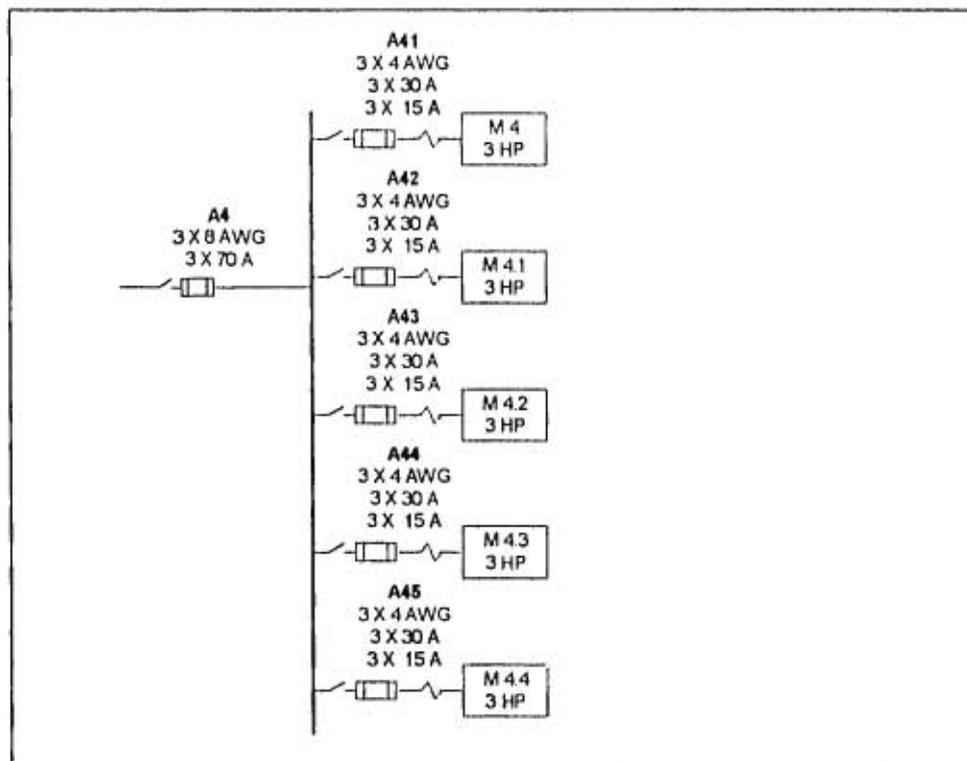


FIGURA 4.10 Diagrama unifilar del alimentador A4.

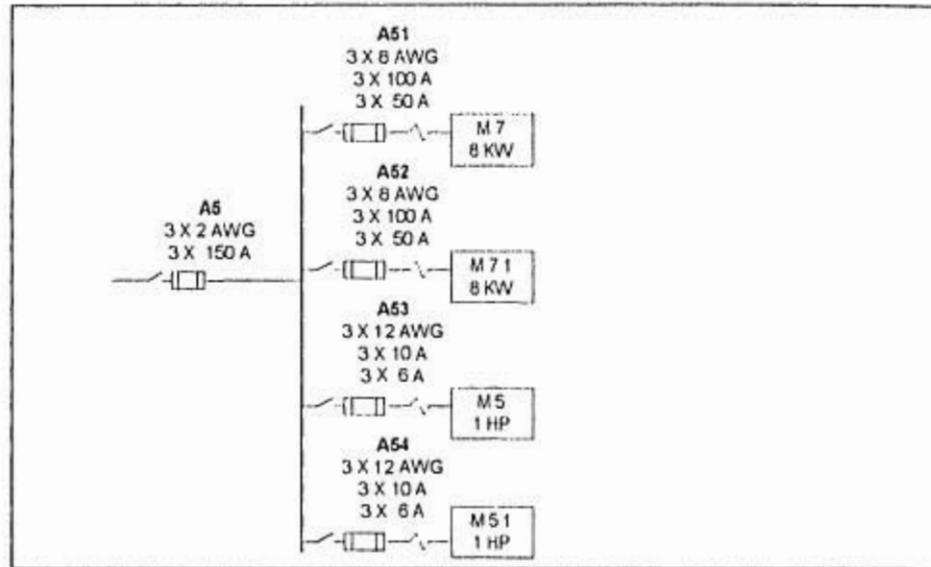


FIGURA 4.11 Diagrama unifilar del alimentador A5.

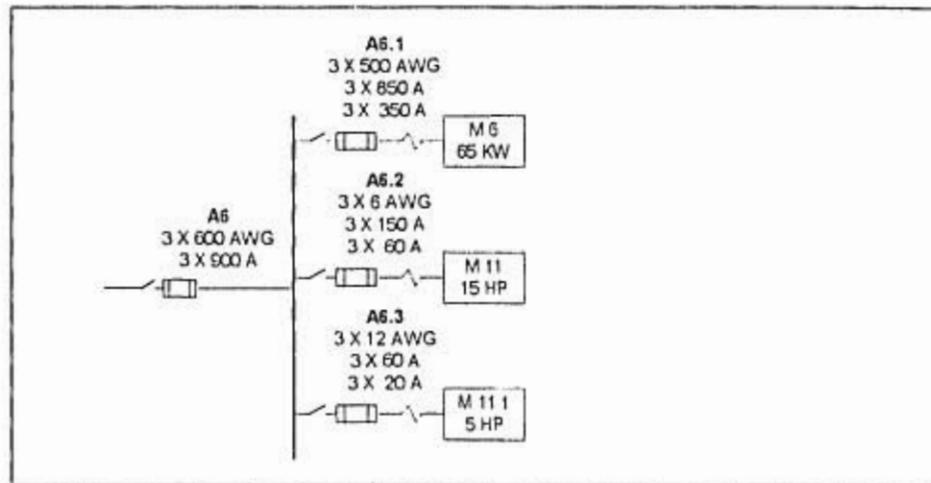


FIGURA 4.12 Diagrama unifilar del alimentador A6.

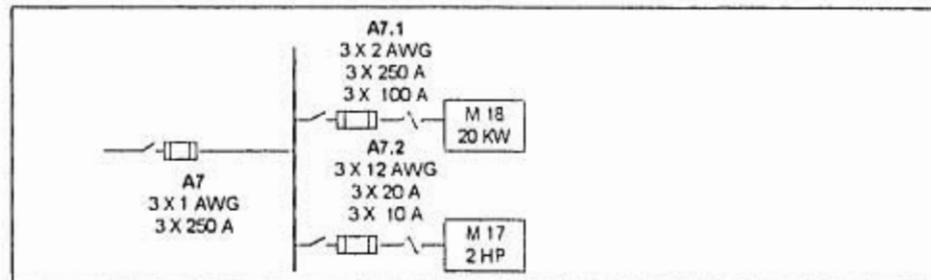


FIGURA 4.13 Diagrama unifilar del alimentador A7.

4.8 Factor de potencia.

Los motores, transformadores, hornos de inducción, lámparas fluorescentes, soldadoras consumen tanto potencia activa como potencia reactiva.

Como resultado de la instalación de estos elementos, sin capacitores, la corriente es mayor que la que realmente se necesita, que ocasiona, desde el punto de vista eléctrico una reducción de la capacidad disponible de transformadores cables, y desde el punto de vista económico, ocasiona un costo extra de la energía, sin beneficio alguno.

Como se mencionó anteriormente el factor de potencia que tendrá la instalación es de 0.81, el cual es bajo. Cuando se opera con un bajo factor de potencia, es necesario por parte de la compañía suministradora de energía eléctrica, incrementar la capacidad de generación y transmisión para poder manejar la componente de la potencia reactiva. Este incremento de costo asociado con el suministro de esta potencia reactiva, es repercutido al usuario a través de tarifas de energía altas. En México se penaliza cuando el factor de potencia es menor a 0.9.

De acuerdo con la siguiente tabla 41 suministrada por el fabricante de este tipo de capacitores, únicamente se requiere saber el factor de potencia actual, el factor deseado y la demanda en KW. Donde se cruzan ambos factores, es el valor que se va a multiplicar por los KW, para obtener el banco de capacitores necesarios para aumentar, en este caso el factor de potencia.

Tabla 41 Tabla para corrección de factor de potencia.

FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	FACTOR DE POTENCIA DESEADO				
	90	91	92	93	94
76	0.371	0.399	0.426	0.460	0.492
77	0.345	0.373	0.400	0.434	0.466
78	0.319	0.347	0.374	0.408	0.440
79	0.292	0.320	0.347	0.381	0.413
80	0.268	0.294	0.321	0.355	0.378
81	0.240	0.268	0.295	0.329	0.361
82	0.214	0.242	0.269	0.303	0.335
83	0.188	0.216	0.243	0.277	0.309
84	0.162	0.190	0.217	0.251	0.283
85	0.136	0.164	0.191	0.225	0.257
86	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230
87	0.082	0.111	0.141	0.172	0.204
88	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177
89	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149
90	-	0.028	0.058	0.089	0.121

Como se tiene un factor de potencia de 0.81 y se quiere uno de 0.92 y el consumo de potencia es de 411,772.75 W a 220 V, el factor a multiplicar será 0.295 quedando la capacidad del capacitor como sigue:

$$411,772.75 \text{ W} \times 0.295 = 121,472.96 \text{ KVAR}$$

Que representa seis capacitores de 20 KVAR cada uno que forman un total de 120 KVAR, quedando el triángulo de potencias con la componentes citadas en la tabla 4m y que confirma que la subestación de 500KVA es suficiente para alimentar a todas estas cargas.

Tabla 4m Tabla de potencias

	F.P.	Pot. activa W	Pot. reactiva VAR	Pot. aparente VA
sin capacitores	0.81	411,772.75 W	298,409.24 VAR	508,532.07 VA
con 6 capacitores de 20 KVAR	0.9175	411,772.75 W	178,409.24 VAR	448761.25 VA

La conexión de los capacitores se debe hacer en delta como se muestra en la figura 4.14.

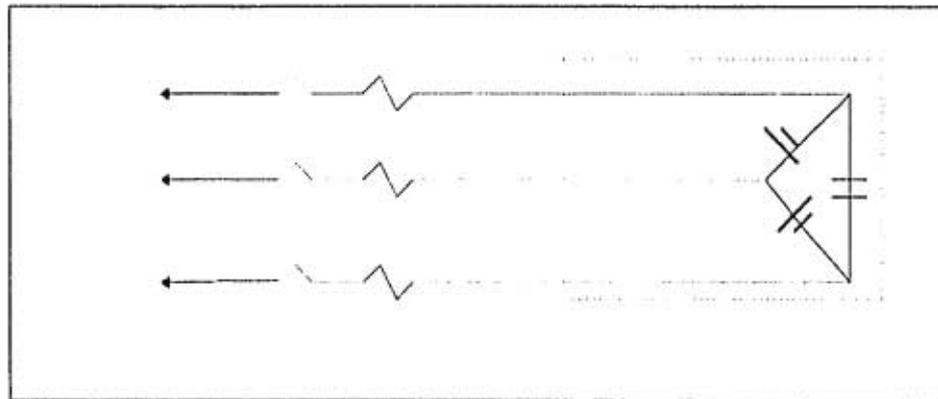


FIGURA 4.14 Diagrama de conexión de banco de capacitores.

La instalación que se calculó anteriormente cumple con los requisitos de seguridad que se requieren según las normas mexicanas, referentes a instalaciones eléctricas, además que es lo más económica posible para que tanto la inversión, como los costos de operación sea bajos y de esta manera, hacer que la distribución de planta que se propuso en capítulos anteriores sea rentable.

CAPÍTULO 5

Evaluación económica del proyecto.

Dadas las características del proyecto se observa que existe un mercado potencial por cubrir y que en la parte tecnológica no existe impedimento alguno para desistir del proyecto que se presentó en capítulos anteriores.

El análisis económico que aquí se presenta se enfoca a hacer un estudio económico de prefactibilidad, con la premissa de que la empresa aporta la inversión inicial para este proyecto, en el que primeramente se calculan los costos de inversión y de producción para cada proceso de fabricación, para obtener la generación bruta de efectivo anual para cada proceso, para posteriormente evaluar que la inversión tenga una TMAR mayor a la establecida por los socios de la empresa.

No se presenta una comparación de la alternativa dos con el sistema actual, porque este último no tiene la capacidad para cubrir con la proyección de la demanda esperada para los diez años siguientes, además de que vida útil de la maquinaria también es menor a este periodo.

5.1 Costos de Inversión.

La inversión inicial comprende normalmente, todos aquellos activos fijos que se adquieren para poner en marcha el proyecto, como pueden ser los terrenos, edificios, maquinaria y equipos suplementarios.

Como se va a utilizar la misma maquinaria, se considera en la inversión inicial el costo de rehabilitación de cada una de las máquinas con la finalidad de que la vida útil sea de diez años.

Entonces para la evaluación económica del proceso de aros de lámina de acero, los activos fijos serán los siguientes egresos:

- Terreno
- Construcción
- Costo de maquinaria nueva, incluyendo costo de instalación.
- Gastos de desinstalación de la maquinaria en la planta de origen.
- Maniobra para carga en la planta origen.
- Flete de la planta origen a la planta destino, incluyendo el seguro del flete.
- Maniobra para descarga en la planta destino.
- Instalación Eléctrica, Mecánica y Civil.
- Supervisión.

De acuerdo con el salario mínimo de \$ 22.60 diario y los precios en el mercado de equipo y materiales para el mes de abril de 1996, se presenta en el apéndice F, el presupuesto para reubicación de maquinaria del proceso de producción aros de lámina de acero, y en el apéndice G el presupuesto de la instalación eléctrica. En la tabla 5a se presenta los resultados de los presupuestos que se tomará como inversión para la evaluación económica del proceso de producción de lámina de acero.

Tabla 5a Resultados de presupuestos para proceso de producción de aros de lámina de acero

Terreno y construcción 930 \$ / m ² X 1800 m ²	\$ 1,674,000.00
Presupuesto para reubicación de maquinaria (No incluye instalación eléctrica)	\$ 174,935.60
Presupuesto de instalación eléctrica	\$ 412,741.84
TOTAL	\$ 2,261,677.44

Para la inversión inicial del proceso de producción de aros de aluminio se considera los siguientes egresos:

- Terreno
- Construcción
- Costo de maquinaria nueva, incluyendo costo de instalación.
- Instalación eléctrica

El apéndice H se presenta el presupuesto de la maquinaria que se requieren para instalar este nuevo proceso, incluyendo la instalación de cada una de éstas. En la tabla 5b se muestra los resultados de dicho presupuesto para calcular la inversión necesaria para este proceso.

Tabla 5b Resultados de presupuestos para el proceso de producción de aros de aluminio

Terreno y construcción $930 \$ / m^2 \times 500 m^2$	\$ 465,000.00
Presupuesto para suministro e instalación de maquinaria (No incluye instalación eléctrica)	\$ 209,109.60
Presupuesto de instalación eléctrica	\$ 2,995.60
TOTAL	\$ 677,105.20

5.2 Cálculo de costos de producción.

Anteriormente se mencionó que esta planta es un subproceso de todo el proceso de fabricación para producir bicicletas, por lo que difícil cuantificar los costos de producción, pero se considera que la planta es independiente y tiene como producto terminado los aros de lámina de acero y de aluminio.

Los costos de producción están formados por los siguientes elementos.

1. *Materias primas.* que son todos aquellos insumos que se transforman directamente para obtener el producto terminado. Deben considerarse dentro de este rubro los costos de fletes, almacenamiento y manejo.
2. *Mano de obra directa.* que es la fuerza de trabajo que labora directamente para transformar la materia prima en producto terminado.
3. *Mano de obra indirecta.* Este rubro es la mano de obra que no transforma directamente las materias primas, incluye normalmente personal de supervisión, jefes de turno, personal de control de calidad.
4. *Materiales indirectos.* que son materiales que se utilizan en forma indirecta para la transformación la materia prima directa, y pueden ser empaques, sellos, envolturas, soldaduras, tornillos para ensamble.
5. *Costo de insumos.* Generalmente son los gastos de agua, energía eléctrica, teléfono, predio, consumibles y otros. Estos insumos varían dependiendo del proceso.
6. *Costos de mantenimiento.* se contabiliza por separado y generalmente son los gastos para mantener toda la maquinaria en condiciones óptimas de operación. El mantenimiento puede ser preventivo, correctivo.
7. *Costos por depreciación o amortización.* Son costos virtuales que se calculan según la Ley Federal de Impuesto sobre la Renta. Normalmente estos costos se refieren a la depreciación de equipos nuevos.

También se toman en cuenta para calcular la utilidad neta los siguientes gastos.

- *Gastos de administración.* Son como su nombre lo indica los sueldos de directivos, gerentes y personal administrativo o auxiliar, además de todos los gastos de papelería y equipo de oficina.
- *Gastos de venta.* Son gastos del departamento de ventas, es decir: de reparto, y de mercadotecnia principalmente.

El tiempo de implementación se calcula dependiendo de la cantidad de empleados trabajando para este fin, se pretende que en dos meses quede instalado es su totalidad el mencionado proyecto, distribuyendo las actividades como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5c Implementación de Proyecto.

	PREOPERATORIO	PERIODO SEMANAL							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PLANEACIÓN									
Desarrollo									
Integración conceptual									
Trámites									
IMPLEMENTACIÓN									
Colocación de pedidos de equipos nuevos									
Obra civil y cimentación para equipo									
Desmonte de equipo y flete									
Rehabilitación de equipo									
Instalación mecánica de equipo									
Instalación eléctrica general									
INICIO DE IMPLEMENTACIÓN enero/1997					INICIO DE LA PRODUCCIÓN marzo/1997				

5.2.1 Costos de producción para el proceso de aros de lámina de acero.

Como algunos costos dependen directamente de la cantidad de aros producidos, se tiene que tomar en cuenta que la producción, al empezar a operar la nueva planta, tendrá que superar la meta establecida de 281,052 aros/año, para también producir los aros que no se produjeron durante los dos meses en que se desarrolle físicamente el proyecto, produciendo para el primer año 327,494 aros.

El costo de la materia prima básica que en este caso, es el precio por kilogramo de lámina de acero de \$5.20/Kg. El peso de cada aro varía dependiendo de la rodada, y como anualmente se producen diferentes rodadas se calcula un costo promedio de \$2.12/aro, que según la producción anual calculada por la proyección de la demanda los costos anuales se presentan en la tabla 5d.

Tabla 5d Costo anualizado de materias primas del proceso de producción de aros de lámina de acero.

	PRODUCCIÓN	MATERIA PRIMA
Años	aros/año	\$/año
1997	327,894	\$ 695,135.23
1998	292,940	\$ 621,033.81
1999	303,970	\$ 644,415.73
2000	315,414	\$ 668,677.99
2001	325,665	\$ 690,410.02
2002	336,249	\$ 712,848.35
2003	345,664	\$ 732,808.10
2004	350,569	\$ 743,206.65
2005	355,544	\$ 753,752.75
2006	360,589	\$ 764,448.50
2007	359,507	\$ 762,155.16

La mano de obra directa contempla a diez y ocho empleados, y considerando el salario mínimo de \$22.60/día el costo de la mano de obra anualizado será de \$ 100,886.40.

Para calcular la mano de obra indirecta se toma un gerente de planta, dos supervisores que hacen tareas de control de calidad y supervisión en general de producción. Se considera un sueldo de \$9,500.00 mensuales para el gerente y de \$ 4,000.00 mensuales para cada uno de los supervisores. El costo anual es de \$210,000, que es independiente al número anual de aros, porque se considera que éstos pueden supervisar la planta aunque el número de aros aumente, pero solo se considera \$ 178,500, ya que la otra parte será asignada a los costos del proceso de producción de aros de aluminio.

Los principales materiales indirectos que se utilizan en el proceso de producción de aros de lámina de acero son:

- soldadura
- lijas para los esmeriles
- aceite
- pasta para pulido

Para facilitar el cálculo de estos insumos se toman por experiencia como un 5% de las materias primas directas utilizadas, quedando los costos como se presenta en la tabla 5e.

Tabla 5e Costo anualizado de materias primas indirectas para proceso de producción de aros de lámina de acero.

	PRODUCCIÓN	MATERIAS PRIMAS INDIRECTAS
1997	327894	\$ 34,756.76
1998	292940	\$ 31,051.69
1999	303970	\$ 32,220.79
2000	315414	\$ 33,433.90
2001	325665	\$ 34,520.50
2002	336249	\$ 35,642.42
2003	345664	\$ 36,640.40
2004	350569	\$ 37,160.33
2005	355544	\$ 37,687.64
2006	360589	\$ 38,222.43

Los costos de insumos que se toman en cuenta son: principalmente el gasto de la energía eléctrica, mantenimiento de maquinaria y equipo, agua, teléfono y predial, que sumados dan un total anual de \$ 2,283,189.42.

Para los costos de amortización se toma la depreciación para la maquinaria nueva en 10% anual, según la Ley del Impuesto sobre la Renta, quedando un cargo anual de \$ 6,331.58.

Para calcular los gastos de administración se toma un grupo de personal que suman un sueldo mensual de \$17,300, incluyendo los gastos de papelería y otros insumos consumibles. El gasto anual es de \$207,600 que es independiente al número anual de aros, porque se considera que éstos pueden administrar la planta aunque el número de aros aumente, quedando \$ 176,460.00.

Los gastos financieros, son los pagos de intereses que se deben pagar con relación a los capitales obtenidos para inversión, pero en este caso particular este gasto es nulo porque la inversión será aportada directamente por la empresa, razón por la cual, también los pagos a principal son nulos.

Los gastos de ventas, en este caso también son nulos porque el producto terminado, realmente es un subproducto, se transporta hasta el proceso general para producir bicicletas.

5.2.2 Costos de producción para el proceso de aros de aluminio.

De igual manera se calculan los siguientes costos:

El costo de la materia prima básica que en este caso, es el precio por kilogramo aluminio de \$37.90/Kg. El peso de cada aro varía dependiendo de la rodada, pero en el este caso sólo se producen aros de rodadas grandes por lo que se calcula un costo promedio de \$15.16/aro, que según la producción anual calculada por la proyección de la demanda los costos anuales se presentan en la tabla 5f.

Tabla 5f Costo anualizado de materias primas del proceso de producción de aros de aluminio.

	PRODUCCIÓN	MATERIA PRIMA
Años	aros/año	\$/año
1997	11534	\$ 174,853.38
1998	13570	\$ 205,715.00
1999	15965	\$ 242,023.69
2000	19453	\$ 294,905.87
2001	23703	\$ 359,342.80
2002	36609	\$ 437,859.21
2003	44177	\$ 554,986.54
2004	53311	\$ 669,730.01
2005	64333	\$ 808,169.69
2006	77634	\$ 975,291.36

La mano de obra directa contempla a siete empleados, y considerando el salario mínimo de \$22.60/día el costo de la mano de obra anualizado será de \$ 39,233.30.

El costo de mano de obra indirecta anual, se considera de \$ 31,500.00.

Los principales materiales indirectos que se utilizan en el proceso de producción de aros de aluminio son:

- pernos de aluminio para ensamble
- sierras de corte
- aceites

En este caso también se toma un 5% de las materias primas directas utilizadas, quedando los costos como se presenta en la tabla 5g.

Tabla 5g Costo anualizado de materias primas indirectas para proceso de producción de aros de aluminio.

	PRODUCCIÓN	MATERIAS PRIMAS INDIRECTAS
1997	11534	\$ 8,742.67
1998	13570	\$ 10,285.75
1999	15965	\$ 12,101.18
2000	19453	\$ 14,745.29
2001	23703	\$ 17,967.14
2002	36609	\$ 27,749.33
2003	44177	\$ 33,486.50
2004	53311	\$ 40,409.83
2005	64333	\$ 48,764.57
2006	77634	\$ 58,846.64

Los costos de insumos son de \$ 140,265.88 tomando en consideración la energía eléctrica, mantenimiento, predio, agua y teléfono.

Para los costos de amortización se tomará la depreciación para la maquinaria nueva en 10% anual, que en este caso es de el total de la inversión, según la Ley del Impuesto sobre la Renta, quedando un cargo anual de \$ 20,910.96.

Y los gastos de administración anuales, son de \$ 20,760.00.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

5.3 Estudio económico de prefactibilidad.

Como se mencionó al principio de este capítulo, este estudio toma como premisa principal que la empresa realiza las inversiones para ambos proyectos, y para que los proyectos sean rentables, los rendimientos de estas inversiones aplicadas a cada uno de los proyectos, deben de ser mayores a la TMAR que fijen los inversionistas.

La TMAR, que es la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento que está compuesta por el índice inflacionario más un premio al riesgo, siendo este último el incremento real que desea ganar el inversionista.

Actualmente es muy difícil seleccionar un premio al riesgo adecuado para cada uno de los proyectos, debido a la inestabilidad de la economía, pero normalmente para este tipo de proyectos con características de una demanda que se supone segura y creciente, se puede seleccionar un premio al riesgo de 6%.

Una manera de fijar una TMAR, utilizando un criterio más analítico, es analizando el comportamiento de los CETES 28d en curva de 360 días, que reflejan paralelamente el comportamiento de la inflación más una tasa real. Este índice se puede tomar como un límite mínimo de la TMAR, es decir que la TMAR fijada debe ser mayor que los CETES 28d en curva de 360 días, para garantizar que la inversión en el proyecto tiene mayores rendimientos que una inversión fija en CETES.

Según la proyección, realizada por una institución bancaria particular, la inflación y los CETES 28d muestran el comportamiento que se muestra en la tabla 5h, de la que se observa que el incremento real de CETES 28d, decrece para un horizonte de tiempo de 10 años, dentro de los rangos de 7.73% y 4.82%

Tabla 5h Proyección del INPC y CETES.

	INPC Var. anual	CETES 28d Nominal	CETES 28d Real
	Promedio	Curva 360d	Curva 360d
1995		60.88%	6.52%
1996	34.85%	37.39%	7.73%
1997	22.46%	26.53%	6.04%
1998	17.92%	23.46%	6.25%
1999	14.99%	20.73%	6.11%
2000	14.70%	19.80%	4.30%
2001	15.33%	20.89%	5.69%
2002	12.84%	17.42%	5.55%
2003	10.09%	15.31%	5.53%

Tabla 5h Proyección del INPC y CETES, continuación.

	INPC Var. anual	CETES 28d Nominal	CETES 28d Real
	Promedio	Curva 360d	Curva 360d
2004	8.49%	13.26%	5.10%
2005	8.02%	14.22%	4.82%
2006	8.02%	14.22%	4.82%
2007	8.02%	14.22%	4.82%

Como la proyección anterior presenta una variación anual, se calcula un factor constante equivalente de la fórmula siguiente:

$$VP = VF \times (1 + i)^n \quad \dots V.1$$

donde:

VP = El valor presente (Inversión en el tiempo to)

VF = El valor futuro (en el tiempo tn)

i = Tasa de interés (promedio geométrico)

n = Periodo de capitalización

Es importante notar que al calcular la tasa del promedio geométrico los rendimientos anuales varían, pero esta variación es muy pequeña, por lo que no se considera que afecte los resultados que se obtengan. En la siguiente tabla se presenta el comportamiento anual de la inversión con la tasa CETES 28d y el comportamiento con la tasa del promedio geométrico, de donde se puede observar las diferencias en los valores futuros de la inversión.

Tabla 5i Flujos anuales por CETES 28d de la inversión para el proceso de aros de lámina de acero.

	INVERSIÓN	CETES 28d cva 360 d anual promedio	Valor futuro de la inversión.	Promedio geométrico de CETES 28d cva. 360d para los 10 años	Valor futuro de la inversión.
1997	\$ 2,261,677.44	26.53%		18.51%	
1998		23.46%	\$ 2,861,798.45	18.51%	\$ 2,680,319.15
1999		20.73%	\$ 3,533,150.72	18.51%	\$ 3,176,452.41
2000		19.80%	\$ 4,265,638.80	18.51%	\$ 3,764,421.07
2001		20.89%	\$ 5,110,065.04	18.51%	\$ 4,461,224.09
2002		17.42%	\$ 6,177,659.43	18.51%	\$ 5,287,006.95
2003		15.31%	\$ 7,253,980.37	18.51%	\$ 6,265,644.13
2004		13.26%	\$ 8,364,472.69	18.51%	\$ 7,425,429.31
2005		14.22%	\$ 9,473,822.80	18.51%	\$ 8,799,893.39
2006		14.22%	\$ 10,820,745.36	18.51%	\$ 10,428,773.95
2007			\$ 12,359,164.06		\$ 12,359,164.06

De esta manera ya obteniendo el promedio geométrico de los CETES 28d, para un horizonte de tiempo de 10 años, se puede fijar una TMAR de 20% o 21%, pero en este caso los empresarios deciden fijar una TMAR de 24%.

Para evaluar el proyecto es necesario calcular el la generación bruta de efectivo anual, en el que interviene todos los costos antes mencionados, además del Impuesto sobre la Renta y el Reparto de Utilidades se utiliza la siguiente fórmula.

+	INGRESOS		
-	COSTOS DE PRODUCCIÓN		
=	UTILIDAD MARGINAL		
-	GASTOS DE ADMINISTRACIÓN		
-	GASTOS DE VENTAS		
-	GASTOS FINANCIEROS		
=	UTILIDAD BRUTA		
-	I.S.R. (34%)		
-	R.U.T.(10%)		
=	UTILIDAD NETA		
=	GENERACIÓN BRUTA DE EFECTIVO	.. V.2	

En la tabla 5j Y 5k se calcula con la fórmula anterior la generación bruta de efectivo (GBE) anual para cada proceso, respectivamente.

Tabla 5j Generación bruta de efectivo para el proceso de producción de aros de lámina de acero.

AÑO	INGRESOS	COSTO DE PRODUCCIÓN	UTILIDAD MARGINAL	COSTOS DE ADMÓN.	UTILIDAD BRUTA	L.S.R.	R.U.T	F.N.E.
1997	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1998	\$ 4,618,319.15	\$ 3,298,799.39	\$ 1,319,519.76	\$ 176,460.00	\$ 1,143,059.76	\$ 388,640.32	\$ 114,305.98	\$ 640,113.46
1999	\$ 4,509,390.06	\$ 3,220,992.90	\$ 1,288,397.16	\$ 176,460.00	\$ 1,111,937.16	\$ 378,058.63	\$ 111,193.72	\$ 622,684.81
2000	\$ 4,543,761.49	\$ 3,245,543.92	\$ 1,298,217.57	\$ 176,460.00	\$ 1,121,757.57	\$ 381,397.57	\$ 112,175.76	\$ 628,184.24
2001	\$ 4,579,427.00	\$ 3,271,019.28	\$ 1,308,407.71	\$ 176,460.00	\$ 1,131,947.71	\$ 384,862.22	\$ 113,194.77	\$ 633,890.72
2002	\$ 4,611,373.09	\$ 3,293,837.92	\$ 1,317,535.17	\$ 176,460.00	\$ 1,141,075.17	\$ 387,965.56	\$ 114,107.52	\$ 639,002.09
2003	\$ 4,644,357.43	\$ 3,317,398.16	\$ 1,326,959.26	\$ 176,460.00	\$ 1,150,499.26	\$ 391,169.75	\$ 115,049.93	\$ 644,279.59
2004	\$ 4,673,698.26	\$ 3,338,355.90	\$ 1,335,342.36	\$ 176,460.00	\$ 1,158,882.36	\$ 394,020.00	\$ 115,888.24	\$ 648,974.12
2005	\$ 4,688,984.13	\$ 3,349,274.38	\$ 1,339,709.75	\$ 176,460.00	\$ 1,163,249.75	\$ 395,504.92	\$ 116,324.98	\$ 651,419.86
2006	\$ 4,704,486.90	\$ 3,360,347.78	\$ 1,344,139.11	\$ 176,460.00	\$ 1,167,679.11	\$ 397,010.90	\$ 116,767.91	\$ 653,900.30
2007	\$ 4,720,209.65	\$ 3,371,578.32	\$ 1,348,631.33	\$ 176,460.00	\$ 1,172,171.33	\$ 398,538.25	\$ 117,217.13	\$ 656,415.94

Tabla 5k Generación bruta de efectivo para el proceso de producción de aros de aluminio.

AÑO	INGRESOS	COSTO DE PRODUCCIÓN	UTILIDAD MARGINAL	COSTOS DE ADMÓN.	UTILIDAD BRUTA	LS.R.	R.U.T	F.N.E.
1997	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1998	\$ 685,585.71	\$ 415,506.49	\$ 270,079.22	\$ 20,760.00	\$ 249,319.22	\$ 84,768.53	\$ 24,931.92	\$ 139,618.76
1999	\$ 739,053.47	\$ 447,911.19	\$ 291,142.27	\$ 20,760.00	\$ 270,382.27	\$ 91,929.97	\$ 27,038.23	\$ 151,414.07
2000	\$ 801,958.28	\$ 486,035.32	\$ 315,922.96	\$ 20,760.00	\$ 295,162.96	\$ 100,355.41	\$ 29,516.30	\$ 165,291.26
2001	\$ 893,576.66	\$ 541,561.61 *	\$ 352,015.05	\$ 20,760.00	\$ 331,255.05	\$ 112,626.72	\$ 33,125.50	\$ 185,502.83
2002	\$ 1,005,213.64	\$ 609,220.39	\$ 395,993.25	\$ 20,760.00	\$ 375,233.25	\$ 127,579.31	\$ 37,523.33	\$ 210,130.62
2003	\$ 1,141,243.31	\$ 691,662.61	\$ 449,580.70	\$ 20,760.00	\$ 428,820.70	\$ 145,799.04	\$ 42,882.07	\$ 240,139.59
2004	\$ 1,344,166.42	\$ 814,646.32	\$ 529,520.11	\$ 20,760.00	\$ 508,760.11	\$ 172,978.44	\$ 50,876.01	\$ 284,905.66
2005	\$ 1,542,959.48	\$ 935,126.96	\$ 607,832.52	\$ 20,760.00	\$ 587,072.52	\$ 199,604.66	\$ 58,707.25	\$ 328,760.61
2006	\$ 1,782,853.00	\$ 1,080,516.97	\$ 702,336.03	\$ 20,760.00	\$ 681,576.03	\$ 231,735.85	\$ 68,157.60	\$ 381,682.58
2007	\$ 2,072,344.51	\$ 1,255,966.37	\$ 816,378.14	\$ 20,760.00	\$ 795,618.14	\$ 270,510.17	\$ 79,561.81	\$ 445,546.16

El horizonte de tiempo fijado para este proyecto es de diez años, lo que significa que en el año diez, la empresa deja de operar, por lo que se ya no se consideran mas egresos ni ingresos y se supone que se venden todos los activos, teniendo una recuperación de la inversión inicial. A esta recuperación de inversión se le llama valor residual que en este caso es de \$ 1,680,331.58, para el proceso de aros de lámina de acero y de \$ 482,662.50 para el proceso de aros de aluminio.

Ahora se calcula la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) que es por definición, la tasa que iguala los flujos descontados la inversión y se calcula con la fórmula presentada a continuación:

$$VP = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + \dots + \frac{(FNE_n + VR)}{(1+i)^n} \dots V.3$$

donde:

VP = El valor presente (Inversión en el tiempo to).

FNE = Flujo Neto de Efectivo (en el tiempo tn).

i = Tasa de interés (TIR).

n = Número de periodo.

VR = Valor residual.

De esta fórmula se despeja la *i* que representa la TIR del proyecto en cuestión, presentada en la tabla 5k y se compara con la TMAR, si la TIR es mayor a la TMAR el proyecto se acepta, y si la TIR es menor se rechaza el proyecto.

Tabla 5l Resultados

PROCESO	TMAR	TIR	INVERSIÓN
Proceso de producción de aros de lámina de acero	24%	27.46%	\$ 2,261,667.44
Proceso de producción de aros de aluminio	24%	28.56%	\$ 677,105.20

Según los resultados mostrados, la TIR en ambos casos es mayor a la TMAR fijada por los empresarios, por lo que se considera que el proyecto completo de reubicación de los equipos que forman el proceso de producción de aros de lámina de acero, así como el proyecto de la instalación de un nuevo proceso para fabricar aros de aluminio es económicamente factible, con un rango de 3% por encima de la TMAR fijada, por lo que se recomienda la inversión en este proyecto para de esta forma dar al consumidor un producto con mayor calidad y a un menor precio.

CONCLUSIONES.

- √ La capacidad de la producción, correspondiente al proceso de producción de aros de lámina de acero, se optimizó hasta llegar a la capacidad máxima del proceso en cuestión, de 1440 aros/día, con lo que se puede cubrir la proyección de la demanda en casi todo el horizonte de tiempo establecido para este proyecto.
- √ La optimización del sistema es integral, ya que reduce el número de empleados necesarios, se eliminan los costos de transportación de aros de una planta así como el mantenimiento de camionetas destinadas para este fin y también se reducen los costos de mano de obra por pieza producida.
- √ Se elimina el cuello de botella en el centro de trabajo de esmerilado, con lo que se reduce también el tiempo de proceso, subiendo la eficiencia de la utilización de mano de obra teórica un 100%.
- √ Se optimizan los sistemas de extracción de polvos, con la finalidad de mejorar las condiciones para los empleados que laboran en este centro de trabajo, y reduciendo el desgaste excesivo en la maquinaria contigua.
- √ Se cubre con la proyección de demanda de aros de aluminio esperada, que anteriormente estaba sin cubrir, instalando un proceso nuevo con capacidad para 1000 aros/día. Dicha capacidad es alta, lo que permite buscar otros mercados como la distribución de aros de aluminio para refacciones de bicicletas.

- √ De acuerdo con la capacidad de la maquinaria se pueden conocer los ciclos de operación, que permiten definir un factor de demanda eléctrica más cercano a la realidad, y en consecuencia obtener una reducción de carga en un 84.5%, que repercute directamente en los costos de energía eléctrica..
- √ Se reducen los costos de energía eléctrica porque se instala un banco de capacitores que elevan el factor de potencia hasta 92%, lo que elimina las multas que se pagaban anteriormente por tener un factor menor al 90%. Se aumenta notablemente la seguridad de la instalación eléctrica reduciendo los accidentes laborales.
- √ La reducción de los costos de producción reflejan para la evaluación económica del proyecto una TIR que supera en ambos procesos a la TMAR fijada, lo que refleja la rentabilidad del proyecto, es decir se recomienda hacer la inversión en este proyecto, con la finalidad de dar al consumidor un producto más barato y con mejor calidad, además de que la empresa sigue teniendo ventas en época de crisis.

Además de las conclusiones de este trabajo listadas anteriormente se tienen las siguientes aportaciones.

- Se proporciona un ejemplo práctico de cómo se puede elevar la calidad de los productos en época de crisis económica, en que las tasas de interés son muy altas, optimizando los procesos con los recursos que actualmente se tienen, tratando de no invertir en procesos costosos.
- Cabe destacar que este trabajo da una idea bastante amplia del proceso para producir aros para rines de bicicleta, además de que se trata un ejemplo práctico de la aplicación de los sistemas hidráulicos y neumáticos de potencia.
- Se proporciona una metodología para calcular instalaciones eléctricas industriales de este tipo, que se puede aplicar a otros proyectos futuros.
- Deja también la posibilidad de calcular de una manera sistemática un presupuesto para la instalación de equipo y maquinaria, y cómo éstos se suman a la inversión o a los costos de producción, para poder evaluar económicamente un proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

-
- Everett Adam, Ronald Ebert, **Administración de la Producción y las Operaciones**, 4ª ed, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, .D.F., 1994.
 - Marks, **Manual del Ingeniero Mecánico, Tomo 1 y Tomo 2**, 9ª ed, McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. de C. V., México, .D.F., 1995.
 - Harper Enrique, **Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales**, 10ª ed, Editorial Limusa, S. A. de C. V., México, .D.F., 1994.
 - Harper Enrique, **Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas**, 6ª ed, Editorial Limusa, S. A. de C. V., México, .D.F., 1994.
 - Dawes Chester L., **Tratado de Electricidad. Tomo 2. Corriente Alterna**, 13ª ed, Edciones G. Gili, S. A. de C. V., México, .D.F., 1991.
 - Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, **Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994**, Diario Oficial de la Federación, México, .D.F., 1994.
 - Urbina Gabriel, **Evaluación de Proyectos, Análisis y Administración del Riesgo**, 2ª ed, McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. de C. V., México, .D.F., 1990.
 - Tarquin, Blank, **Ingeniería Económica**, 2ª ed, McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. de C. V., México, .D.F., 1978.
 - Ogata Katsuhiko, **Dinámica de Sistemas**, Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A., México, .D.F., 1987.
 - Stevenson William, **Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia**, 2ª ed, McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. de C. V., México, .D.F., 1988.
 - Kast, Rosenzweig, **Administración en las Organizaciones**, 4ª ed, McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. de C. V., México, .D.F., 1990.

Sistemas hidráulicos de potencia.

Los sistemas hidráulicos de potencia son muy usados en la industria cuando se requiere de altas potencias en un espacio reducido, son además reversibles y pueden trabajar a velocidades variables. Su principio de funcionamiento se basa en que "la presión aplicada a un fluido confinado se transmite sin pérdida de fuerza en todas direcciones", es decir que si se le proporciona a un fluido energía de presión por medio de una bomba, éste la puede transmitir fácilmente por una línea conductora y liberarla en un actuador, clasificando estos sistemas dependiendo del actuador, en sistemas de impacto (turbinas) o de presión (prensas).

El circuito hidráulico, presentado en la figura A.1, es capaz de producir muchas combinaciones diferentes de movimiento y fuerza. Sin embargo, en esencia son lo mismo independientemente de su aplicación. Tales circuitos están formados por los siguientes componentes:

- *Bombas.* Las más comunes son las centrífugas para sistemas de impacto, porque éstas le proporcionan al fluido energía cinética, y para sistemas de muy alta presión las de tornillo o de engranes.
- *Líneas conductoras.* Son las tuberías de acero con o sin costura y manguera flexible que permiten movimiento, acompañadas siempre de accesorios de regulación y control, como válvulas compuerta que regulan el caudal, de retención que sólo permiten una sola dirección del flujo o de alivio para controlar una sobrepresión en el sistema entre otras.
- *Actuadores.* Pistones de simple acción o de doble acción que permiten movimiento de trabajo en dos direcciones o actuadores rotatorios.

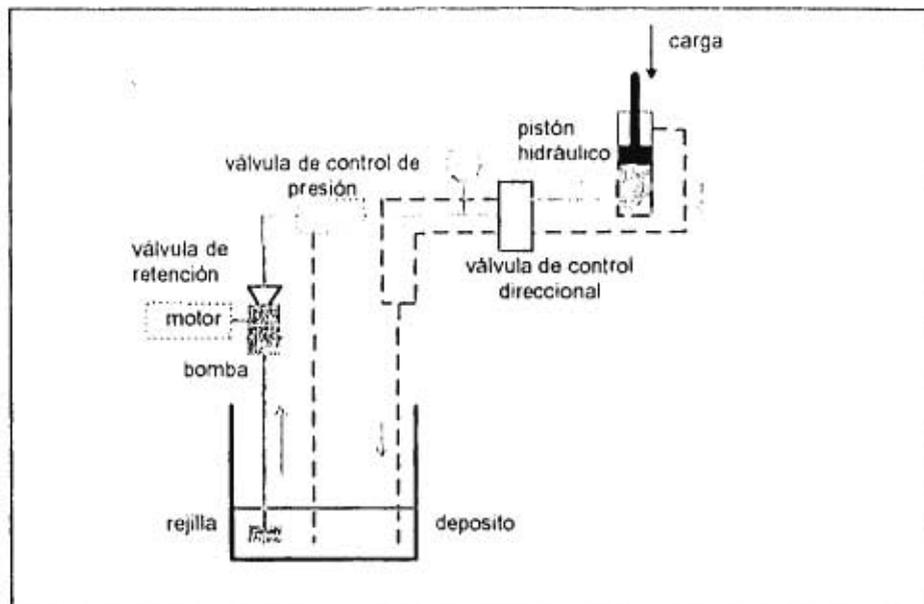


Figura A.1 Circuito Hidráulico

Hay ciertas ventajas y desventajas en el uso de sistemas hidráulicos más notables que en otros sistemas. Algunas ventajas se enlistan a continuación:

1. El fluido hidráulico actúa como lubricante, además de transportar el calor generado en el sistema, hasta un intercambiador de calor.
2. Los actuadores hidráulicos de tamaño comparativamente pequeño pueden desarrollar grandes fuerzas o pares.
3. Los actuadores hidráulicos tienen mayor velocidad de respuesta con arranques, paros e inversiones de la velocidad.
4. Los actuadores hidráulicos pueden operarse sin dañarse en condiciones continuas, intermitentes, inversoras y de paro.
5. La disponibilidad de actuadores lineales y rotatorios ofrece mucha flexibilidad al diseñador.
6. Por el escaso escurrimiento de los actuadores, la caída de velocidad es pequeña cuando se aplica la carga.

Por otra parte, existen desventajas que limitan su uso.

1. La potencia hidráulica no está tan fácilmente disponible comparada con la potencia eléctrica.
2. Un sistema hidráulico es mas costoso que uno similar eléctrico.
3. Existen riesgos de fuego y explosión a menos que se utilicen fluidos de trabajo a prueba de incendio.
4. Prácticamente es muy difícil mantener sin fugas un sistema hidráulico, por lo que normalmente son sistemas sucios.
5. El aceite contaminado puede ocasionar fallas en el funcionamiento del sistema hidráulico.
6. Se debe tener especial interés en la viscosidad del fluido de trabajo, porque éste puede afectar en gran medida a los efectos de amortiguamiento y fricción de los circuitos hidráulicos.

Apéndice B

Sistemas neumáticos.

Los sistemas neumáticos o de aire comprimido son sistemas que utilizan aire como medio de transmisión de señales y de potencia, y se usan extensamente en la automatización de maquinaria de producción y en el campo de controladores automáticos.

Las fuerzas neumáticas realizan diferentes funciones (empujan, jalan, atrapan) por ejemplo; un polipasto neumático, las herramientas neumáticas, dispositivos similares o simplemente para limpieza de partes en un taller industrial.

Los sistemas neumáticos son sistemas que tienen como objetivo suministrar aire comprimido con ciertas características, como los son; limpieza en el aire, baja humedad y presión constante. Dependiendo de la presión a la que se quiere suministrar el aire, se pueden usar sistemas neumáticos de una dos o mas etapas, llamando a estos últimos multietapas.

Los sistemas neumáticos constan de varias etapas que se presentan en el siguiente esquema:

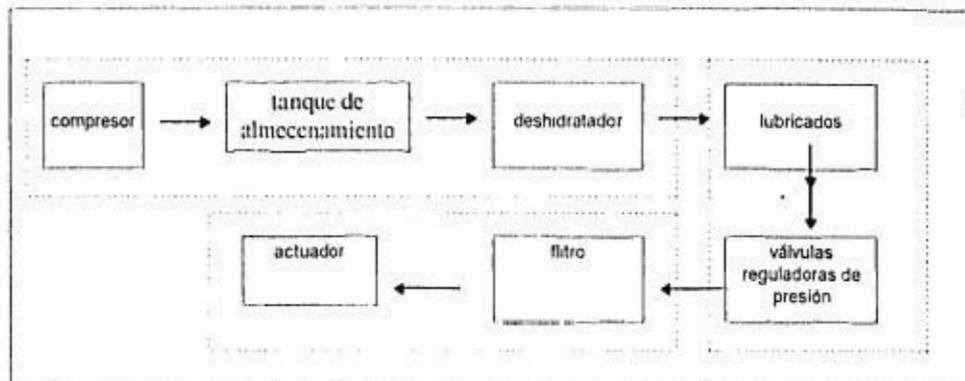


FIGURA B.1 Etapas de sistema neumático

La primera etapa es donde se obtiene el aire a una cierta presión para posteriormente pasar al tanque de almacenamiento. En este tanque es donde se condensa la mayor parte de la humedad que tiene el aire, a saber, funciona como deshidratador obteniéndose un aire ya seco y limpio.

La segunda etapa es donde se filtra el aire para quitar las posibles partículas sólidas, se regula la presión con una válvula y se atomiza aceite en el aire para la lubricación de los actuadores.

Y La tercera parte se refiere a las válvulas de control y el actuador que son dispositivos que transforman energía de presión en energía mecánica.

Dentro de las partes más importantes de un sistema neumático están: El compresor que a su vez cuenta con diferentes elementos como: filtro, compresor, motor, sistema de transmisión de potencia mecánica y releé de control. El filtro no es más que un conjunto de lonas y pantallas de gasa que sirven para retener las partículas sólidas que pudiera tener el aire que se aspira hacia a la cámara de compresión. Lo que se llama propiamente compresor se refiere a la cámara de compresión que de compone de pistón, camisa, válvulas, biela, cigüeñal y flecha principal; es en este elemento donde se realiza la compresión descrita anteriormente. El motor no es más que un motor trifásico común y corriente que tiene un arrancador que pudiese ser, un arrancador a tensión reducida el cual, a su vez está controlado por un contactor eléctrico de presión; el motor le transmite potencia al compresor por medio de una o varias bandas.

Los recipientes están generalmente fabricados de hierro o de acero y se colocan cerca del compresor por lo general, pero cuando las circunstancias lo aconsejan se puede colocar en un punto más alejado. Se instalan al descubierto para facilitar el enfriamiento del aire comprimido antes de que pase a la tubería de distribución. El depósito más eficiente es aquél que refrigere el aire hasta la temperatura ambiente. Si el aire se enfría se elimina la mayor parte de humedad, cuya presencia, sea condensada o sea congelada, perjudica muchísimo a las tuberías, pero sobre todo, a los actuadores neumáticos.

Los recipientes de presión de aire ofrecen las siguientes ventajas:

- Reducen los efectos de pulsaciones en los compresores alternativos, con lo que se regulariza el trabajo de las máquinas que mueven aire. Esto se traduce en la mejor conservación de ellas. Las pulsaciones violentas producen variaciones de velocidad en las corrientes de aire, dando lugar a mayor pérdida por efecto de rozamientos y choques.
- Siendo la capacidad adecuada atienden a las demandas extraordinarias de aire que suelen hacerse momentáneamente, cosa que no es posible realizar con los compresores.
- Proporcionan un volumen adecuado para que el aire repose, mejorando las condiciones para que el agua y el aceite arrastrados puedan separarse.
- Enfriar el aire antes de que pasen a las tuberías, y condensando en ellos la mayor parte de humedad, se evita que vaya una cantidad importante de aire a los motores. Cuando la capacidad de los depósitos no es suficiente para que el aire se enfríe por abajo de los 30 °C conviene colocar a su continuación refrigeradores especiales.

Los depósitos proveen de manómetros, válvulas de seguridad, puerta de registro y grifo de purga para evacuar el agua condensada. Se puede calcular el volumen óptimo para el recipiente de la siguiente manera:

$$V = (5 \times Q)^{1/2} \quad \text{ó} \quad V = (Q)^{1/3}$$

donde:

V = Volumen del tanque en m³

Q = Caudal en m³/min

La regulación puede hacerse variando el número de revoluciones o interrumpiendo la marcha de la máquina. Como el primer procedimiento es factible pocas veces, se emplea el segundo adaptando el consumo de aire del compresor. En este caso se interrumpe temporalmente el suministro de aire comprimido, cubriéndose el consumo con la cantidad de aire acumulado en el depósito.

Apéndice C

Requisitos de espacio para equipo eléctrico.

La norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEMP-1994 señala diferentes requisitos de espacios para mantenimiento y seguridad que se tomará en cuenta para la distribución de planta, por ejemplo enuncia:

110-13 ,b) Enfriamiento. Los equipos eléctricos que dependan de la circulación natural del aire y de la convección para el enfriamiento de superficies descubiertas, deben instalarse de manera que la circulación del aire ambiente sobre tales superficies no sea impedida por paredes o por la presencia de otros equipos adyacentes donde estén instalados. Para los equipos diseñados para montaje sobre piso, debe proveerse un espacio entre su parte superior y adyacentes, para la disipación del aire caliente.

Los equipos provistos de ventilas para circulación de aire deben instalarse de manera que las paredes y otros obstáculos no impidan la libre circulación a través del equipo.

110-16 Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico con tensiones nominales de 600 V o menores. Debe proveerse y mantenerse suficiente acceso y espacio de trabajo alrededor de todo el equipo eléctrico, para permitir una rápida y segura operación y mantenimiento.

(a) Claros de seguridad. Con excepción de lo requerido o permitido en otras partes de esta Norma, los claros de seguridad en dirección del acceso a las partes vivas para una tensión nominal a tierra de 600 V o menor, y que puedan requerir de inspección, ajuste, servicio o mantenimiento con equipo energizado, no debe ser menor a lo indicado a la tabla 110-16 (a). La distancia debe medirse a partir de las partes vivas, si están expuestas; o desde la tapa o cubiertas, si se encuentran protegidas. Las paredes de concreto, tabique o de cerámica deben considerarse

puestos a tierra. Además de cumplir con los claros de seguridad indicados en la tabla 110-16(a), debe tenerse un espacio de trabajo frente a los equipos eléctricos, no menor a 0.8 m de ancho. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir por lo menos, un espacio libre de 0.90m para puertas abatibles de equipo y paneles.

Tabla Ca Claros de seguridad para equipos eléctricos

Tensión nominal V	Distancia mínima m		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0.90	0.90	0.90
Mayor de 150 hasta 600	0.90	1.05	1.20

Las condiciones siguientes:

Condición 1. Cuando el espacio de trabajo existan vivas expuestas de un lado y del otro no existan partes vivas ni puestas a tierra o cuando existan partes vivas en cubiertas en ambos lados y resguardadas con madera u otro materiales aislantes adecuados. Los conductores aislados y barras aisladas para una tensión no mayor a 300 V no deben considerarse como partes vivas.

Condición 2. Cuando en el espacio de trabajo existan partes vivas expuestas en un lado y partes puestas a tierra en el otro.

Condición 3. Cuando existan partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo no resguardadas como indica la condición (1), y el operador requiera estar entre ellas.

Excepción No. 1. No se requiere espacio de trabajo detrás de conjuntos tales como tableros de frente muerto o centro de control de motores, donde no haya partes reemplazables o ajustables, tales como fusibles o interruptores, en la parte trasera y donde todas las conexiones queden accesibles desde otros lados del equipo.

Excepción No. 2. Mediante permiso especial, pueden usarse espacios menores en los casos: 1) cuando se juzgue que la disposición particular de la instalación de accesibilidad adecuada, o 2) cuando todas las partes sin aislar operen a una tensión no mayor de 30 V r.c.m. o 42 piso a pico o 60 V c.c.

(b) Espacios libres. El espacio de trabajo requerido por esta sección, no debe utilizarse para almacenamiento. Cuando las partes vivas, normalmente protegidas, se ponen al descubierto para una inspección o servicio, el espacio de trabajo debe ser resguardado adecuadamente cuando se encuentre en un pasillo o en un espacio, libre donde puedan circular personas.

(c) Acceso y entrada al espacio de trabajo. Debe existir por lo menos una entrada de suficiente área, para acceso al espacio de trabajo alrededor de los equipos eléctricos. Para equipos de corriente nominal de 1,200 A y mayores, o de ancho mayor a 1.80 m que contengan interruptores, dispositivos para sobrecorriente o de control, debe existir una entrada no menor de 0.60 m de ancho y 2.00 m de alto, en cada extremo.

Excepción. Cuando el espacio de trabajo requerido en la sección 110-16 (a) se duplique, sólo se requiere de la entrada al mismo.

El espacio de trabajo provisto de una sola entrada situarse de tal modo que el borde de la entrada más cercana a los cuadros de distribución y tableros de mando, esté separado del equipo a una distancia mínima establecida de la tabla 110-16 (a).

(d) Espacio libre en el frente. En todos los casos donde haya partes vivas normalmente expuestas en el frente de tableros de distribución o centros de control de motores, el espacio de trabajo en frente de tales equipos no debe ser mayor a 0.90 m.

110-18 Partes que producen arcos eléctricos. Las partes de equipos eléctricos, que en funcionamiento normal producen arcos eléctricos, chispas, llamas o metal fundido, deben encerrarse y separarse de cualquier material combustible.

110.32 Espacio alrededor de los equipos. Debe proveerse y mantener suficiente acceso y espacio de trabajo alrededor de todo equipo eléctrico, con el objeto de permitir un mantenimiento y maniobra de los equipos de forma rápida y segura. Donde las partes vivas estén expuestas, el espacio de trabajo debe ser de altura no menor a 2.00 m (medidos verticalmente desde el piso o la plataforma) ni de ancho menor de 0.90 m (medidos paralelamente al equipo). La profundidad debe ser la especificada en la sección 110-34 (a). En todos los casos, el espacio de trabajo debe ser adecuado para permitir abrir las puertas o paneles en un ángulo de 90° por lo menos.

Apéndice D

Subestación Eléctrica.

Como ya se mencionó, una subestación eléctrica se define como el conjunto de equipos que transforman, regulan y controlan la energía eléctrica, en función de los requerimientos de una carga dada. La energía se transfiere en el transformador por medio de un campo magnético, ésta se suministra a transformador por el devanado primario y se entrega en el devanado secundario cambiando generalmente el voltaje. Ambos devanados están enlazados por el mismo circuito magnético dentro del transformador en el núcleo. Los transformadores se pueden clasificar según su aplicación en:

- Elevadores de tensión.
- Reductores de tensión.
- De enlace entre líneas.
- Rectificadoras de C.A. A C.D.

El funcionamiento de una subestación depende del uso que se le da a ésta, que está basado principalmente en un transformador y diferentes elementos enlistados a continuación:

- Interruptores
- Restaurador
- Cuchilla fusible.
- Cuchilla desconectadora.
- Apartarrayos.
- Transformador de instrumento (potencial y de corriente)
- Redes de tierra.
- Tablero de control

- Estructura.
- Equipo de filtrado de aceite.
- Herrajes .

Debido a que el transformador es la parte más importante en el funcionamiento de una subestación se describirán a continuación las funciones internas que realiza este elemento: transferir magnéticamente energía de un circuito a otro, aislándolos eléctricamente manteniendo la frecuencia constante.

Los tipos de conexión de los transformadores depende del uso del transformador y pueden ser monofásicos con conexión trifásica (banco trifásico) y transformadores trifásicos. Las ventajas de usar bancos trifásicos es que la carga se divide en los tres transformadores monofásicos iguales, se pueden operar a altos voltajes (350 hasta 500 KV) porque que las fases se están separadas y que resulta más económico la reparación de una falla. Las desventajas de la aplicación de bancos trifásicos son; que resulta más caro comprar un banco trifásico que un transformador trifásico.

Las conexiones más comunes para bancos trifásicos o transformadores trifásicos son:

1. Delta-Delta (Δ - Δ)

Esta es poco usada en la actualidad porque está limitada a operar con tres hilos, es decir que no tiene hilo neutro, además de que no se puede aplicar para voltajes mayores a 23 Kv, pero tiene una ventaja de que si un transformador falla se puede seguir alimentando la carga trifásica empleando la conexión Δ abierta- Δ abierta con un 60% de la potencia completa.

2. Delta- Estrella (Δ -Y)

Es la más usada para instalaciones eléctricas industriales, conectando la Δ en la acometida o primario y la Y para la alimentación de motores y alumbrado en el secundario. La Y tiene la ventaja de que tiene dos niveles de voltaje, el voltaje de fase a fase (V_{ff}) que se utiliza para normalmente para fuerza y el voltaje de fase a neutro (V_{fn}) que se utiliza para alumbrado , que mantiene una relación constante de $V_{ff} = V_{fn} / (3)^{1/2}$.

3. Estrella- Estrella (Y-Y).

En instalaciones industriales casi no se usa, porque sólo se emplea para muy alta tensión (mayores a 100 Kv), como en las redes de transmisión.

4. Estrella-Delta (Y- Δ).

Esta conexión tiene características contrarias a la Δ -Y, se usa para bajar voltajes y conectar únicamente cargas trifásicas que no requieren de tierra, como los motores.

Apéndice E

Arreglos de circuitos eléctricos.

Los arreglos se pueden clasificar según la necesidad de continuidad de servicio y flexibilidad. La continuidad de servicio y flexibilidad, a su vez dependen directamente de las características de la producción o del producto, es decir, que si la producción no se puede interrumpir, tampoco se podrá interrumpir el suministro de energía eléctrica y se requerirá para este caso un arreglo secundario que tenga una continuidad de servicio muy alta.

- El arreglo simple mostrado en la figura E.1, es el más usado porque es el más barato y proporciona confiabilidad suficiente, que consiste simplemente en un alimentador primario a un transformador, de éste a un interruptor principal secundario y de ahí a un bus o alimentador principal donde se derivan todos los alimentadores que distribuyen la energía hasta cada uno de los circuitos derivados.

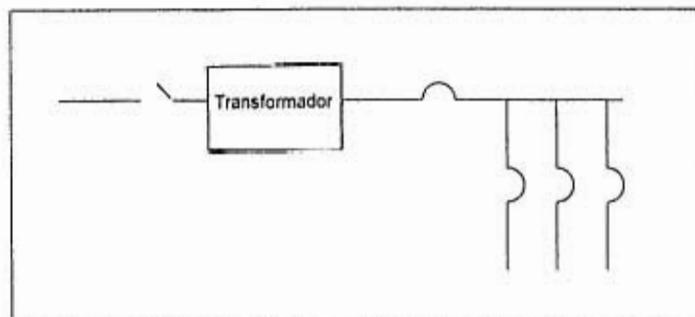


FIGURA E.1
Arreglo radial simple

- El arreglo secundario selectivo mostrado en la figura E.2 es equivalente a dos instalaciones con arreglo radial simple, pero con el interruptor de enlace normalmente abierto, localizando entre buses secundarios para el caso de falla de algún transformador, éste al cerrarse y conecta el otro transformador alimentando a toda la instalación, por lo que es necesario que ambos transformadores tengan la capacidad para alimentar el total de la carga, mejorando notablemente con esto la continuidad de servicio con respecto al arreglo radial simple. La desventaja principal que presenta este arreglo es que la inversión es mucho mayor porque se necesitan dos transformadores que son la parte mas costosa de cualquier instalación eléctrica.

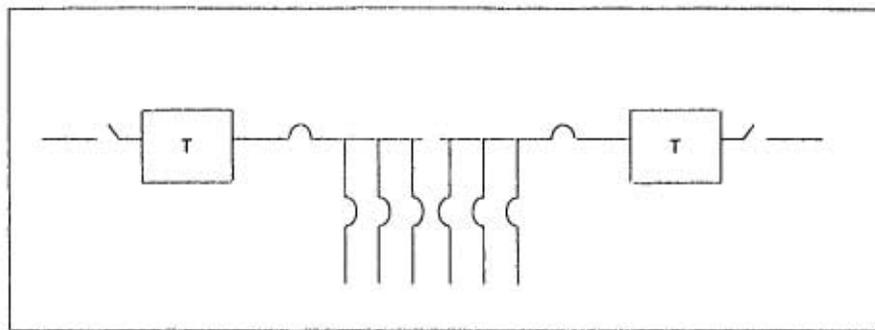


FIGURA E.2 Arreglo secundario selectivo

- El primario selectivo mostrado en la figura E.3, también es similar al radial simple pero con dos alimentadores en el lado del primario, con lo que se mejora la continuidad de servicio en el lado del primario, que requiere de la instalación de un selector que evite la operación de las cuchillas desconectores primarios con carga.

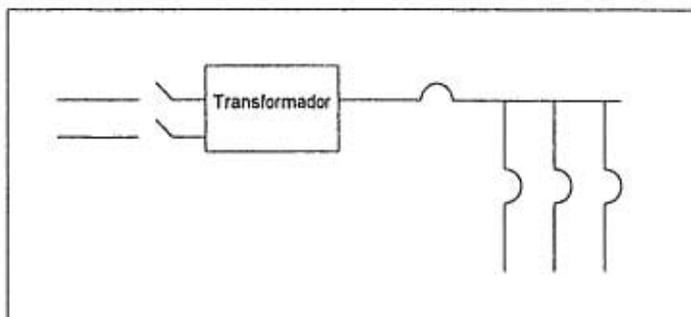


FIGURA E.3
Arreglo Primario selectivo

Apéndice F

Presupuesto para reubicación de maquinaria del proceso de
producción aros de lámina de acero.

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	MANO DE OBRA	EH	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	TOTAL
P1	M1 reubicación de perfiladora (3 pzas)	\$ 16,100.00	\$ 6,753.31	\$ 202.60	\$ 23,055.91	1	\$ 23,055.91
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen	\$ -	\$ 91.81	\$ 2.75			
	Rehabilitación	\$ 8,200.00	\$ 1,017.00	\$ 30.51			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 1,800.00	\$ 54.00			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 1,875.00	\$ 56.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 1,800.00	\$ 54.00			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 7,900.00	\$ 169.50	\$ 5.09			
P2	M2 Soldadora Crotti	\$ 850.00	\$ 1,107.92	\$ 33.24	\$ 1,991.16	1	\$ 1,991.16
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 27.54	\$ 0.83			
	Rehabilitación	\$ 500.00	\$ 84.75	\$ 2.54			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 150.00	\$ 4.50			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 625.00	\$ 18.75			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 150.00	\$ 4.50			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 350.00	\$ 70.63	\$ 2.12			
P3	M3 Cadenas Transportadoras	\$ 48,750.00	\$ 6,500.00	\$ 195.00	\$ 55,445.00	1	\$ 55,445.00
	Suministro e instalación del equipo	\$ 48,750.00	\$ 6,500.00	\$ 195.00			
P4	M4 Esmeril manual	\$ 530.00	\$ 778.11	\$ 23.34	\$ 1,331.46	4	\$ 5,325.82
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 18.36	\$ 0.55			
	Rehabilitación	\$ 380.00	\$ 42.38	\$ 1.27			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 150.00	\$ 4.50			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 150.00	\$ 4.50			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 150.00	\$ 42.38	\$ 1.27			

DESCRIPCIÓN	MATERIALES	MANO DE OBRA	EII	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
P 4.1 M4 Esmeril manual	\$ 7,500.00	\$ 360.00	\$ 10.80	\$ 7,870.80	1	\$ 7,870.80
Suministro e instalación del equipo	\$ 7,500.00	\$ 360.00	\$ 10.80			
P5 M5 Roladora	\$ 530.00	\$ 754.81	\$ 22.64	\$ 1,307.45	2	\$ 2,614.90
Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 9.18	\$ 0.28			
Rehabilitación	\$ 350.00	\$ 42.38	\$ 1.27			
Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 150.00	\$ 4.50			
Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 150.00	\$ 4.50			
Instalación mecánica y civil.	\$ 180.00	\$ 28.25	\$ 0.85			
P6 M6 Pulidora automática	\$ 18,700.00	\$ 4,234.95	\$ 127.05	\$ 23,062.00	1	\$ 23,062.00
Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 73.45	\$ 2.20			
Rehabilitación	\$ 13,500.00	\$ 1,017.00	\$ 30.51			
Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 1,300.00	\$ 39.00			
Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 1,300.00	\$ 39.00			
Instalación mecánica y civil.	\$ 5,200.00	\$ 169.50	\$ 5.09			
P7 M7 Perforadora automática	\$ 5,700.00	\$ 2,375.86	\$ 71.28	\$ 8,147.14	2	\$ 16,294.28
Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 18.36	\$ 0.55			
Rehabilitación	\$ 5,300.00	\$ 226.00	\$ 6.78			
Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 850.00	\$ 25.50			
Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 850.00	\$ 25.50			
Instalación mecánica y civil.	\$ 400.00	\$ 56.50	\$ 1.70			

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	MANO DE OBRA	EH	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	TOTAL
P8	M8 Soldadora MIG	\$ 500.00	\$ 521.97	\$ 15.66	\$ 1,037.62	1	\$ 1,037.62
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 4.59	\$ 0.14			
	Rehabilitación	\$ 350.00	\$ 28.25	\$ 0.85			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 150.00	\$ 14.13	\$ 0.42			
P9	M9 Soldadora de arco	\$ 500.00	\$ 521.97	\$ 15.66	\$ 1,037.62	1	\$ 1,037.62
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 4.59	\$ 0.14			
	Rehabilitación	\$ 350.00	\$ 28.25	\$ 0.85			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 150.00	\$ 14.13	\$ 0.42			
P 10	M10 Ventilador centrífugo	\$ 1,800.00	\$ 550.22	\$ 16.51	\$ 2,366.72	2	\$ 4,733.44
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 4.59	\$ 0.14			
	Rehabilitación	\$ 1,550.00	\$ 56.50	\$ 1.70			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 250.00	\$ 14.13	\$ 0.42			

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	MANO DE OBRA	EH	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	TOTAL
P 11	M11 Perforadoras manuales	\$ 2,950.00	\$ 920.49	\$ 27.61	\$ 3,898.10	2	\$ 7,796.20
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 18.36	\$ 0.55			
	Rehabilitación	\$ 2,600.00	\$ 56.50	\$ 1.70			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 200.00	\$ 6.00			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 200.00	\$ 6.00			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 350.00	\$ 70.63	\$ 2.12			
P 12	M12 Compresores de aire	\$ 920.00	\$ 1,089.99	\$ 32.70	\$ 2,042.69	2	\$ 4,085.37
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 18.36	\$ 0.55			
	Rehabilitación	\$ 560.00	\$ 226.00	\$ 6.78			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 200.00	\$ 6.00			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 375.00	\$ 11.25			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 200.00	\$ 6.00			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 360.00	\$ 70.63	\$ 2.12			
P 13	M13 Bomba de agua	\$ 180.00	\$ 271.97	\$ 8.16	\$ 460.12	1	\$ 460.12
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ 4.59	\$ 0.14			
	Rehabilitación	\$ -	\$ 14.13	\$ 0.42			
	Maniobra de carga en la planta origen.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Flete, incluyendo el seguro del flete.		\$ 125.00	\$ 3.75			
	Maniobra para descarga en la planta destino.		\$ 50.00	\$ 1.50			
	Instalación mecánica y civil.	\$ 180.00	\$ 28.25	\$ 0.85			
SUBTOTAL DE PRESUPUESTO							\$ 154,810.25
FACTOR VENTA							1.13
TOTAL							\$ 174,935.60

Apéndice G

Presupuesto para instalación eléctrica de proceso de producción de aros de lámina de acero y de aluminio.

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	FM	MANO DE OBRA	EII	PRECIO UNITARIO	CAN TIDAD	TOTAL
P1	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No.12	\$ 1.07	\$ 0.08	\$ 2.00	\$ 0.06	\$ 3.21	412.94	\$ 1,324.54
P2	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No.10	\$ 2.55	\$ 0.18	\$ 2.80	\$ 0.08	\$ 5.61	8.8	\$ 49.38
P3	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 8	\$ 2.64	\$ 0.18	\$ 3.92	\$ 0.12	\$ 6.86	102.3	\$ 701.91
P4	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 6	\$ 4.21	\$ 0.29	\$ 5.10	\$ 0.15	\$ 9.76	35.2	\$ 343.40
P5	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 4	\$ 6.83	\$ 0.48	\$ 6.62	\$ 0.20	\$ 14.13	247.5	\$ 3,496.26
P6	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 2	\$ 10.56	\$ 0.74	\$ 8.61	\$ 0.26	\$ 20.17	229.9	\$ 4,637.65
P7	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 1/0	\$ 16.74	\$ 1.17	\$ 11.20	\$ 0.34	\$ 29.44	112.2	\$ 3,303.27
P8	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 2/0	\$ 20.23	\$ 1.42	\$ 13.44	\$ 0.40	\$ 35.49	132	\$ 4,684.56
P9	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 3/0	\$ 27.47	\$ 1.92	\$ 16.12	\$ 0.48	\$ 46.00	16,5	\$ 758.96
P10	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 4/0	\$ 34.83	\$ 2.44	\$ 19.35	\$ 0.58	\$ 57.20	11	\$ 629.19
P11	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 500	\$ 84.00	\$ 5.88	\$ 39.02	\$ 1.17	\$ 130.07	66	\$ 8,584.62
P12	Suministro e instalación de conductor eléctrico con aislamiento AWG de calibre No. 600	\$ 84.00	\$ 5.88	\$ 42.92	\$ 1.29	\$ 134.09	234.3	\$ 31,417.1

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	FM	MANO DE OBRA	EII	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	TOTAL
P13	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptores de 10 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 46.85	\$ 3.28	\$ 35.00	\$ 1.05	\$ 86.18	3	\$ 258.54
P15	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 20 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 93.70	\$ 6.56	\$ 43.51	\$ 1.31	\$ 145.08	6	\$ 870.46
P16	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 30 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 140.55	\$ 9.84	\$ 48.73	\$ 1.46	\$ 200.58	2	\$ 401.17
P17	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 60 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 281.10	\$ 19.68	\$ 54.58	\$ 1.64	\$ 357.00	2	\$ 713.99
P18	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 70 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 327.95	\$ 22.96	\$ 61.13	\$ 1.83	\$ 413.87	1	\$ 413.87
P19	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 100 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 468.50	\$ 32.80	\$ 68.47	\$ 2.05	\$ 571.82	1	\$ 571.82
P20	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 150 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 702.75	\$ 49.19	\$ 76.68	\$ 2.30	\$ 830.93	3	\$ 2,492.78
P21	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 175 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 819.88	\$ 57.39	\$ 85.88	\$ 2.58	\$ 965.73	1	\$ 965.73
P22	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 200 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 937.00	\$ 65.59	\$ 103.06	\$ 3.09	\$ 1,108.74	1	\$ 1,108.74
P23	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 250 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 1,171.25	\$ 81.99	\$ 115.43	\$ 3.46	\$ 1,372.13	3	\$ 4,116.39
P24	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 850 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 3,982.25	\$ 278.76	\$ 138.52	\$ 4.16	\$ 4,403.68	6	\$ 26,422.1
P25	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 900 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 4,216.50	\$ 295.16	\$ 166.22	\$ 4.99	\$ 4,682.86	1	\$ 4,682.86

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	FM	MANO DE OBRA	EI	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	TOTAL
P26	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 1000 amps trifásico, incluye fusibles	\$ 4,685.00	\$ 327.95	\$ 199.46	\$ 5.98	\$ 5,218.40	2	\$ 10,436.8
P27	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 60 amps bifásico, incluye fusibles	\$ 187.40	\$ 13.12	\$ 54.58	\$ 1.64	\$ 256.74	1	\$ 256.74
P28	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 100 amps bifásico, incluye fusibles	\$ 312.33	\$ 21.86	\$ 59.22	\$ 1.78	\$ 395.19	1	\$ 395.19
P29	Suministro e instalación de gabinete con cuchillas interruptoras de 400 amps bifásico, incluye fusibles	\$ 1,249.33	\$ 87.45	\$ 64.25	\$ 1.93	\$ 1,402.97	1	\$ 1,402.97
P30	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 6 amps, con gabinete	\$ 1,881.00	\$ 131.67	\$ 180.00	\$ 5.40	\$ 2,198.07	3	\$ 6,594.21
P31	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 10 amps, con gabinete	\$ 2,421.00	\$ 169.47	\$ 180.00	\$ 5.40	\$ 2,775.87	4	\$ 11,103.5
P32	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 15 amps, con gabinete	\$ 2,421.00	\$ 169.47	\$ 180.00	\$ 5.40	\$ 2,775.87	3	\$ 8,327.61
P33	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 20 amps, con gabinete	\$ 2,421.00	\$ 169.47	\$ 180.00	\$ 5.40	\$ 2,775.87	1	\$ 2,775.87
P34	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 50 amps, con gabinete	\$ 3,230.00	\$ 226.10	\$ 180.00	\$ 5.40	\$ 3,641.50	2	\$ 7,283.00
P35	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 60 amps, con gabinete	\$ 3,230.00	\$ 226.10	\$ 234.00	\$ 7.02	\$ 3,697.12	1	\$ 3,679.12
P36	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 60 amps, con gabinete	\$ 3,230.00	\$ 226.10	\$ 304.20	\$ 9.13	\$ 3,769.43	2	\$ 7,538.85
P37	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 80 amps, con gabinete	\$ 3,230.00	\$ 226.10	\$ 395.46	\$ 11.86	\$ 3,863.42	5	\$ 19,317.2

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	FM	MANO DE OBRA	EII	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	TOTAL
P38	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 100 amps, con gabinete	\$ 3,230.00	\$ 226.10	\$ 514.10	\$ 15.42	\$ 3,985.62	2	\$ 7,971.24
P39	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 250 amps, con gabinete	\$ 15,052.00	\$ 1,053.64	\$ 771.15	\$ 23.13	\$ 16,899.92	1	\$ 16,899.9
P40	Suministro e instalación de interruptores termomagnéticos de 350 amps, con gabinete	\$ 15,052.00	\$ 1,053.64	\$ 771.15	\$ 23.13	\$ 16,899.92	1	\$ 16,899.9
P41	Suministro e instalación de tubo conduit cuadrado de 4"	\$ 82.50	\$ 5.78	\$ 60.00	\$ 1.80	\$ 150.08	180	\$ 27,013.5
P42	Suministro e instalación de tubo conduit de 2" de diámetro	\$ 40.50	\$ 2.84	\$ 45.00	\$ 1.35	\$ 89.69	85	\$ 7,623.23
P43	M1 reubicación de perfiladora (3 pzas)	\$ 33,800.00	\$ -	\$ 7,857.55	\$ 235.73	\$ 41,893.28	1	\$ 41,893.2
	Desmontaje de la maquinaria en la planta de origen.	\$ -	\$ -	\$ 110.18				
	Rehabilitación	\$ 18,600.00	\$ -	\$ 1,130.00				
	Maniobra de carga en la planta origen.	\$ -	\$ -	\$ 2,400.00				
	Flete, incluyendo el seguro del flete.	\$ -	\$ -	\$ 2,375.00				
	Maniobra para descarga en la planta destino.	\$ -	\$ -	\$ 1,800.00				
	Instalación mecánica y civil.	\$ 15,200.00	\$ -	\$ 42.38				
P44	Materiales consumibles y soportería	\$ 17,100.00	\$ 1,197.0	\$ 6,009.89	\$ 180.30	\$ 24,487.19	1	\$ 24,487.1
P45	Banco de capacitores de 20 KVAR	\$ 4,777.50	\$ 334.43	\$ 2,500.00	\$ 75.00	\$ 7,686.93	6	\$ 46,121.5
							FV	1.13
TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA								\$ 415,737.44
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROCESO DE AROS DE LÁMINA DE ACERO								\$ 412,741.84
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROCESO DE AROS DE ALUMINIO								\$ 2,995.60

Apéndice H

Presupuesto para suministro e instalación de maquinaria del
proceso de producción aros de aluminio.

	DESCRIPCIÓN	MATE RIALES	FM	MANO DE OBRA	EI	PRECIO UNITARIO	CAN TIDAD	TOTAL
P14	M14 Roladora de aros de aluminio	\$ 63,750.00	\$ 5,100.0 0	\$ 6,500.00	\$ 195.00	\$ 75,545.00	1	\$ 75,545.00
	Suministro e instalación del equipo	\$ 63,750.00	\$ 5,100.0 0	\$ 6,500.00	\$ 195.00			
P15	M15 Sierra cortadora	\$ 54,000.00	\$ 4,320.0 0	\$ 5,200.00	\$ 156.00	\$ 63,676.00	1	\$ 63,676.00
	Suministro e instalación del equipo	\$ 54,000.00	\$ 4,320.0 0	\$ 5,200.00	\$ 156.00			
P16	M15 Perforadora de aros de AL	\$ 58,875.00	\$ 4,710.0 0	\$ 6,120.00	\$ 183.60	\$ 69,888.60	1	\$ 69,888.60
	Suministro e instalación del equipo	\$ 58,875.00	\$ 4,710.0 0	\$ 6,120.00	\$ 183.60			
							TOTAL	\$ 209,109.60