

881217

11

20j



UNIVERSIDAD ANAHUAC
VINCE IN BONO MALUM

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

**DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTIVA DE
INSTRUMENTOS DIGITALES
AUTOMOTRICES.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A .

EDUARDO TRUEBA PEREZ

ASESOR DE TESIS: ING. JUAN ANTONIO TORRE MARINA

MEXICO, D. F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

1 INTRODUCCION

Esta tesis desarrolla una planeación primaria de una planta industrial productora de diferentes instrumentos digitales automotrices. Este desarrollo es estrictamente necesario para poder montar la planta productiva que cuente con productos electrónicos de cualquier especie dado que los procesos son muy similares para esta industria.

Los temas y las técnicas que se incluyen en esta tesis, constituyen una planeación básica a los conceptos requeridos a la producción en serie de dichos artículos.

Es importante señalar que esta tesis ya cuenta con una investigación y desarrollo del producto (diseño del producto), de la cual se obtuvieron datos para el diagrama de proceso y selección de equipo, así como para el control y aseguramiento de la calidad, y estos serán descritos posteriormente. Las unidades a producir son 60,000 al año.

1.1 OBJETIVO

El objetivo de esta tesis es el de obtener el mejor aprovechamiento de un capital disponible en el desarrollo de una fábrica ensambladora de instrumentos digitales automotrices.

Dentro del objetivo se plantea la planeación primaria para la producción en masa de dichos artículos.

1.2 ALCANCE

Este estudio tiene como principal alcance localizar y seleccionar los diferentes procesos utilizados, la distribución de planta, la selección de equipo, así como el control de calidad a utilizar dentro de la misma. Todo ello tiene como restricción el capital invertido en un principio.

1.3 ANTECEDENTES

Al decir que la electrónica automotriz ha evolucionado en los últimos años estamos en un error. En los pasos que nos han llevado al desarrollo de sistemas electrónicos no han sido considerados los signos del inevitable movimiento que se tuvo hace veinte años. En el tiempo en el cual la electrónica fue apareciendo dentro de los automóviles, su única aplicación estaba limitada a los sistemas de ignición y reguladores de voltaje, esto continuó durante aproximadamente 10 años, hasta que la industria automotriz empezó a sentir el impacto del movimiento anti-contaminante.

La única manera en que la industria automotriz podía enfrentarse a las normas anticontaminantes era cambiar a la electrónica. La industria automotriz trato de resolver este problema con métodos mecánicos pero, a finales de 1973 estas normas fueron demasiado estrictas. Los elementos mecánicos que la industria automotriz utilizó, filtros y bombas por ejemplo, no cumplían con los requerimientos necesarios para

mantener al motor en el punto correcto de emisiones limpias y economía de combustible. La industria tuvo que cambiar a otros métodos para mantener una relación aire-combustible de 14.6 a 1 respectivamente.

Afortunadamente, los dispositivos de circuitos integrados capaces de manejar esa tarea estaban apareciendo. En 1974 la Corporación Chrysler, fue la primera en utilizar una microcomputadora para controlar las emisiones del motor. Actualmente se diría que fue un sistema comparador analógico que mantenía la operación correcta del motor, comparando la señal analógica recibida con la información almacenada en la memoria y así avanzar o retardar la regulación de encendido o de tiempo para así compensar la relación.

Tardaron 4 años en implantar un sistema realmente importante. Al final de una gran escala de integración y el avance en los microprocesadores (P's) permitieron que Chrysler, General Motors y Ford empezaran a utilizarlos prácticamente. Este desarrollo fue el resultado del trabajo de investigación de la industria automotriz.

Por ejemplo, en México los últimos años, Chrysler y Ford desarrollaron automóviles con voz propia por medio de un sintetizador digital de voz. Lograron tener mensajes audibles que reemplazaron la tradicional luz de advertencia. Esto hace que su trabajo reditue en automóviles más inteligentes.

La instrumentación automotriz también está cambiando, el tradicional velocímetro y las luces de advertencia pronto serán cosa del pasado siendo desplazados por tubos de rayos catódicos, pantallas de cristal líquido o diodos emisores de luz.

La primera aplicación automotriz para el tubo de rayos catódicos fue desarrollada en 1981 por Zenith y es ahora usada por el Buick Riviera. Dentro del desarrollo y expansión dentro de este área, se ha tenido especial interés en la memoria de los P's. Durante los últimos 5 años, los fabricantes de coches han ido cambiando gradualmente la capacidad de la memoria siendo ésta cada vez más grande.

Debido a todo esto, se observa claramente una tendencia muy marcada hacia la electrónica automotriz en los países industrializados del primer mundo. Como México no cuenta con este tipo de avances todavía, es lógico pensar que es un mercado totalmente nuevo y en el cual podemos introducir este tipo de avances electrónicos dentro de la industria automotriz.

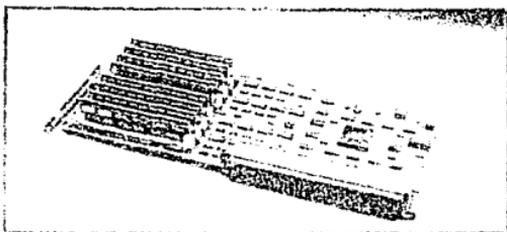
1.4 DESCRIPCION DE LA PLANTA PRODUCTIVA

El objetivo de esta descripción es dar a conocer brevemente los factores y procesos que intervienen en el diseño de la planta productiva así como los diferentes productos que se van a manufacturar dentro de ella.

Primeramente se hablará acerca de los diferentes productos que se van a producir y que son instrumentos digitales como:

- Velocímetros
- Tacómetros
- Voltímetros
- Medidores de presión
- Medidores de temperatura
- Medidores de nivel

que comunmente son utilizados en los automóviles actuales. La principal ventaja que se tiene contra los instrumentos analógicos es que son de fácil lectura, mayor exactitud y avisan al conductor de fallas o desperfectos en su automóvil. Todos los instrumentos estan directamente relacionados con los sistemas de control de ignición y combustible. Las Fotografias 1, 2 y 3 muestran los diferentes instrumentos a producir.





FOTOGRAFIA No 3

Por otro lado se tendrá que los procesos que intervienen, pueden agruparse de la siguiente manera:

- Materia Prima
- Ensamble de partes
- Calibración e Inspección

1.4.1 MATERIA PRIMA

La materia prima que se va a utilizar puede dividirse en dos grandes grupos que conforman las diferentes piezas del producto. Al primer grupo se refiere a todos los componentes electrónicos que conforman el circuito electrónico, todos estos componentes se obtienen fácilmente dentro de las ciudades principales en la República Mexicana, algunos son de importación y otros de fabricación nacional. El otro grupo lo conforma el empaque o cubierta plástica, donde se monta el circuito electrónico.

1.4.2 ENSAMBLE DE PARTES

El ensamble de partes se hará manual o automáticamente en una línea de ensamble, llevando un orden delimitado por los mismos componentes debido al grado de delicadeza de los mismos. Por otro lado se tendrá que cuidar las temperaturas de almacenaje y de soldado debido a las características peculiares de los componentes que se presentan en el Anexo 1.

1.4.3 CALIBRACION E INSPECCION

Este proceso de calibración e inspección se hace al mismo tiempo, debido a que la calibración permite evaluar perfectamente el funcionamiento del instrumento, además que toda la producción pasará a través de este proceso con lo que se asegura la calidad del producto.

Por otro lado se tendrá que cada componentes que se compra es probado de fábrica antes de ser entregado al comprador y realmente es muy difícil que pueda tener defectos de tipo electrónico.

2 LOCALIZACION DE PLANTA

Para la localización de planta se considerará importante mencionar en este caso, cinco puntos relacionados con las características de la planta productiva. Estos son los siguientes:

- Mercado
- Materia Prima
- Disponibilidad de Mano de Obra Calificada
- Incentivos Fiscales y Leyes Laborales
Agua
- Vías de Comunicación

Se deben contemplar las alternativas para precisar la ubicación en el entorno geográfico y económico dentro de la República Mexicana para minimizar todos los costos que afecten la localización.

En este caso de macrolocalización de planta se utilizarán dos métodos que son los siguientes:

- Método de Centroides
- Método de Ponderación de Factores

los cuales serán descritos posteriormente.

2.1 MACROLOCALIZACION

Es importante señalar que el mercado principal estará en las distribuidoras Volkswagen de la República así como la ensambladora de automóviles localizada en Puebla, Puebla, debido a que el producto en especial está diseñado para esta marca por lo que la ubicación dependerá de:

- Materia Prima
- Mercado

2.1.1 MERCADO

Para poder conocer el comportamiento del consumo o mercado de nuestro producto es necesario realizar un pronóstico del mercado a futuro. Por lo que el modelo estadístico que se utilizó para determinar el pronóstico fué:

- Regresión Lineal

REGRESION LINEAL

El principio en el que se basa el ajuste de la " mejor " línea es el de la regresión lineal, y establece que si " y " es función lineal de una variable independiente " x ", la posición más probable de una recta $y=a+bx$ es tal, que la suma de los cuadrados de las desviaciones de todos los puntos (x , y) respecto a la línea es un mínimo.

Las desviaciones se miden en la dirección del eje Y. La " y " es un valor aleatorio a partir de la población de valores " y " que corresponden a una " x " dada. Para las ecuaciones correspondientes del modelo ver el Apéndice 1.

El pronóstico de mercado por este método para automóviles de diferentes categorías se muestran en las Tablas 1 y 2, así como en las Gráficas 1 y 2.

TABLA 1

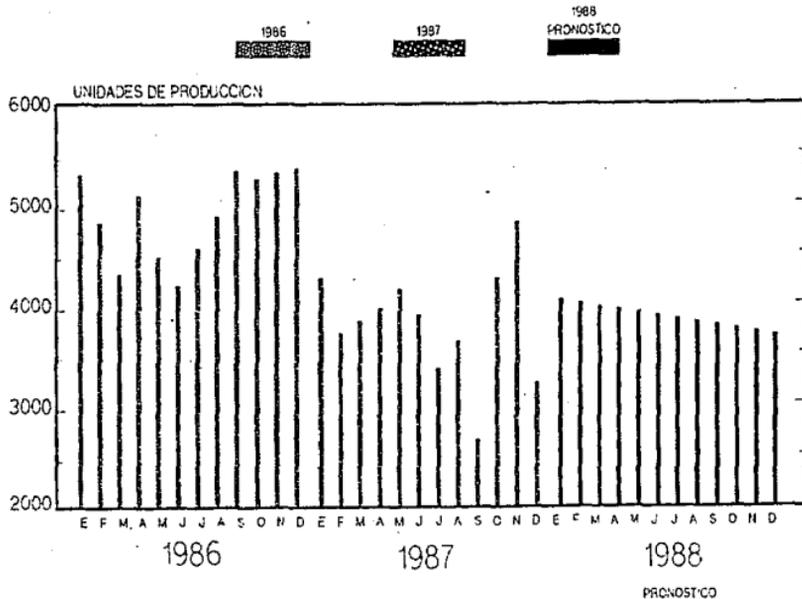
PRONOSTICO	SEDAN GOLF JETTA (REGRESION LINEAL)												TOTAL
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	UNIDADES
ANC	DATOS REALES												
1976	12659	1876	4450	5249	5934	5911	8026	5997	685	3072	1079	2923	57861
1977	3750	3851	3529	5054	5085	6774	4391	4327	4416	5454	4549	3131	54511
1978	4587	4745	4653	5083	5501	6246	4510	5400	5689	6614	5625	5576	64329
1979	6627	7426	6281	5327	7225	7277	7554	6127	4330	8547	8132	7758	82611
1980	8648	7250	8506	6487	8392	9767	10345	6748	7708	5901	9473	5702	94927
1981	11374	11226	8135	8046	9969	9181	11078	8346	9748	7260	8157	10588	113048
1982	12112	10980	12015	10454	9425	10528	2973	11584	8706	7955	10462	4158	110052
1983	7764	7944	8032	7894	3669	5329	3457	3357	2763	5146	4395	4245	63195
1984	4975	5246	4704	4086	6688	7694	4789	5920	5994	7004	6130	6251	69481
1985	6730	6359	6161	4708	4868	6491	4623	4361	3036	4959	6742	6297	65385
1986	5320	4822	4320	5103	4489	4206	4578	4897	5356	5274	5342	5384	59101
1987	4278	3729	3856	3978	4149	3512	3367	3649	2675	4278	4836	3224	45951
	PRONOSTICO												
1988	4066	4034	4001	3969	3937	3904	3872	3840	3807	3775	3743	3710	46658
1989	3678	3646	3613	3581	3549	3516	3484	3452	3419	3387	3355	3322	42003

Ecuación de REGRESION LINEAL $y = a + bx$ $y = 6037.83 - 32.33 x$

* Para ecuaciones correspondientes del modelo ver Apéndice 1

** Información 1976 a 1985 AMIA Asociación Mexicana de la Industria Automotriz

GRAFICA 1



** INFORMACION ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

TABLA 2

PROMOSTICO CORSAR *** (REGRESION LINEAL)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL UNIDADES
ANO	DATOS REALES												
1984	185	780	706	446	652	687	867	778	877	522	715	812	8027
1985	714	749	1003	659	989	1249	893	783	502	1349	1136	953	10979
1986	1259	932	1104	849	735	1456	1196	1048	834	986	1256	1178	12833
1987	1378	1207	1195	1257	1098	1361	1039	1183	1268	1486	1228	946	14646
	PROMOSTICO												
1988	1333	1348	1363	1378	1393	1408	1423	1437	1452	1467	1482	1497	16981
1989	1512	1527	1542	1557	1571	1586	1601	1616	1631	1646	1661	1676	19125

EQUACION DE REGRESION LINEAL $y = a + bx$ $y = 603.66 + 14.89 x$

* Para ecuaciones correspondientes del modelo ver Apéndice 1

** Información 1976 a 1985 AMIA Asociación Mexicana de la Industria Automotriz

*** Este modelo fue descontinuado en 1988.

2.1.2 MATERIA PRIMA

Como se mencionó anteriormente la materia prima se divide en dos grandes grupos:

- Componentes electrónicos
- Empaque o Cubierta plástica

Los componentes electrónicos solamente pueden conseguirse directamente en las siguientes ciudades debido a que los representantes o distribuidores se encuentran en dichas ciudades.*

Naucalpan, Tlanepantla, Cuautitlán, Estado de México
México, Distrito Federal

Guadalajara, Jalisco

Monterrey, Nuevo León

Puebla, Puebla

San Luis Potosí, San Luis Potosí

Los municipios de Naucalpan, Tlanepantla y Cuautitlán fueron considerados debido a la cercanía que tienen con el Distrito Federal, y cualquier tipo de costo por flete es absorbido por los distribuidores del D.F..

* Información obtenida en la Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de Comunicaciones Eléctricas (CANIECE).

2.2 MÉTODO DE LOS CENTROIDES

Mediante este método se trata de crear un sistema de referencia (ejes cartesianos o de algún otro tipo) en la región en la cual se quiere localizar y requiere de dos bases principales que son:

- Mercado
- Materia Prima

En la Tabla 3 los ejes de referencia se tomaron como ejes cartesianos, llegando a la misma conclusión en las dos bases; siendo ésta la correspondiente al Estado de México en las cercanías a Cuautitlán.

2.3 PONDERACION DE FACTORES

En este método se involucran factores que la minimiza suma de todos los costos que afectan la ubicación de la planta productiva. Los factores que se consideraron fueron los siguientes:

TABLA 3

TABLA DE MACROLOCALIZACION (CENTROIDES)

CONCEPTO	CIUDAD	COORDENADAS		FACTOR DE IMPORTANCIA	COORDENADAS RESULTANTES	
		X	Y		X	Y
MERCADO	ESTADO DE MEXICO	15.4	5.0	20.00%	3.08	1.00
	GUADALAJARA, JALISCO	11.5	6.1	8.00%	0.92	0.49
	MEXICO, DISTRITO FEDERAL	15.8	4.6	32.00%	5.06	1.47
	MONTERREY, NUEVO LEON	14.6	11.7	5.00%	0.73	0.59
	PUEBLA, PUEBLA	16.8	4.5	30.00%	5.04	1.35
	SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	14.0	7.8	5.00%	0.70	0.39
TOTAL				100.00%	15.53	5.29
MATERIA PRIMA	ESTADO DE MEXICO	15.4	5.0	25.00%	3.85	1.25
	GUADALAJARA, JALISCO	11.5	6.1	10.00%	1.15	0.61
	MEXICO, DISTRITO FEDERAL	15.8	4.6	35.00%	5.53	1.61
	MONTERREY, NUEVO LEON	14.6	11.7	5.00%	0.73	0.59
	PUEBLA, PUEBLA	16.8	4.5	20.00%	3.36	0.90
	SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	14.0	7.8	5.00%	0.70	0.39
TOTAL				100.00%	15.32	5.35

- Incentivos Fiscales
- Transporte
- Mano de Obra Calificada
- Terreno e Instalaciones
- Servicios Agua y Energia Eléctrica
- Proximidad de Futuros Medios
- Mano de Obra \$
- Materia Prima \$

Llegando a la conclusión de que el Estado de México (Cuautitlan) es el punto óptimo según este método como se observa en la Tabla 4.

TABLA 4

TABLA DE MACROLOCALIZACION (PONDERACION DE FACTORES)

ESTADO	1		2		3		4		5		6		7		8		TOTAL
		X		%		X		X		X		%		X		X	
ESTADO DE MEXICO	3	0.45	5	1.00	5	0.50	3	0.45	4	0.40	4	0.40	4	0.40	5	0.50	4.10 **
GUADALAJARA, JALISCO	1	0.15	2	0.40	5	0.50	2	0.30	3	0.30	4	0.40	3	0.30	4	0.40	2.75
MEXICO, DISTRITO FEDERAL	1	0.15	5	1.00	5	0.50	2	0.30	3	0.30	3	0.30	2	0.20	5	0.50	3.25
MONTERREY, NUEVO LEON	1	0.15	3	0.60	5	0.50	2	0.30	3	0.30	4	0.40	4	0.40	3	0.30	2.95
PUEBLA, PUEBLA	2	0.30	4	0.80	5	0.50	3	0.45	4	0.40	4	0.40	4	0.40	4	0.40	3.65
SAN LUIS POTOSI, S.L.P.	4	0.60	3	0.60	4	0.40	4	0.60	3	0.30	4	0.40	3	0.30	2	0.20	3.40

FACTORES

1 INCENTIVOS FISCALES	15%	** OPTIMO
2 TRANSPORTE	20%	
3 MANO DE OBRA CALIFICADA	10%	
4 TERRENO E INSTALACIONES	15%	
5 SERVICIOS	10%	
6 PROXIMIDAD DE MEDIOS	10%	
7 MANO DE OBRA S	10%	
8 MATERIA PRIMA S	10%	

2.4 CONCLUSION

Debido a que el principal mercado será un porcentaje de las unidades Volkswagen que se producen, y aunque esto no quiere decir que algún otro tipo de marca no pueda utilizarlos, la planta tendrá que localizarse en una zona céntrica para poder así distribuir el producto fácilmente.

Otro punto importante es la materia prima ya que si no se localiza adecuadamente la planta se tendrá un costo muy alto en cuanto a la materia prima, como por ejemplo los componentes electrónicos.

Es importante señalar que por cualquiera de los métodos que se utilizaron se llegó a la misma conclusión dando por resultado que la posible ubicación de la planta productiva sea en el Estado de México en las cercanías a Cuautitlán.

Por otro lado en el Método de Ponderación de Factores los porcentajes y calificaciones que se aplicaron fueron obtenidos con base en las necesidades del producto.

3 DIAGRAMA DE PROCESO (MATERIAL Y PROCESOS)

Como se mencionó anteriormente esta tesis ya cuenta con una investigación y desarrollo del producto con lo que se facilitó el conocimiento del diagrama de proceso.

Este término se refiere a la serie de diagramas que representan gráficamente la sucesión de todas las operaciones, inspecciones, esperas y almacenajes, que se presentan durante un proceso. El diagrama tipo de material presenta el proceso a través de las eventualidades que le ocurren al material.

A continuación en las Tablas 5 y 6 se muestran el diagrama de proceso de material donde se detallan todas las operaciones que se le hacen al producto.

3.1 DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Los productos que se van a producir dentro de esta planta tienen características muy similares, por lo cual todos los instrumentos pasan por las mismas operaciones.

Los principales productos a producir son los siguientes:

- Tacómetros
- Voltímetros
- Monitores de alternador
- Medidores de presión
- Medidores de temperatura
- Medidores de nivel

TABLA 5

DIAGRAMA DE PROCESO		HOJA 1 DE 1
TIPO DE DIAGRAMA : DE PROCESO		
SIMBOLOS		DESCRIPCION DE PROCESO
●	→	Recepción de laminado de aluminio
●	→	Corte de aluminio a tamaño requerido
●	■	Inspección visual por operador
●	→	Transporte al área de impresión
●	→	Espera para comenzar operación
●	→	Cubrir el laminado por la cara de cobre con emulsión fotosensible
●	→	Situar negativo de la imagen del diseño sobre esta
●	→	Exposición a la luz ultravioleta
●	→	Revelado
●	■	Inspección visual por el operador
●	→	Transporte al área de incisión o ataque químico
●	→	Espera para comenzar operación
●	→	Introducción a tiras de cloruro férrico y agua
●	→	Tiempo de reacción química
●	→	Sacar laminado de tiras e inspección visual
●	→	Transporte al área de lavado
●	→	Lavado de laminado para remoción de ácido y emulsión fotosensible
●	→	Secado de circuito impreso
●	→	Transporte al área de barrenado
●	→	Espera para comenzar operación
●	→	Barrenado de circuito impreso
●	■	Inspección de circuito impreso
●	→	Transporte a la Estación No.1

●	OPERACION
→	TRANSPORTE
■	INSPECCION
◐	ESPERA

TABLA 6

DIAGRAMA DE PROCESO

HOJA 1 DE 1

TIPO DE DIAGRAMA : DE PROCESO

SIMBOLOS	DESCRIPCION DE PROCESO
●	Recepción de circuito impreso del área de impresión
→	Espera para comenzar operación
●	Ensamble de componentes axiales
●	Soldado de componentes axiales, corte de puntas
■	Inspección visual por operador
→	Transporte a Estación No.2 (Banda transportadora)
●	Espera para comenzar operación
●	Ensamble de componentes radiales
●	Soldado de componentes radiales, corte de puntas
■	Inspección visual por el operador
→	Transporte a Estación No.3 (Banda transportadora)
●	Espera para comenzar operación
●	Ensamble cables e inserción de circuito integrado
●	Soldado de cables
■	Inspección visual por operador
→	Transporte a Estación No.4 (Banda transportadora)
●	Espera para comenzar operación
●	Calibración e inspección electrónica
→	Transporte a Estación No.5 (Banda transportadora)
●	Espera para comenzar operación
●	Ensamble de carátula y caja. Acabado final
●	Empaque
→	Transporte a almacén

●	OPERACION
→	TRANSPORTE
■	INSPECCION
▷	ESPERA

3.2 PROCESO DE CIRCUITO IMPRESO

El circuito impreso es el sistema de interconexión de componentes más utilizado en la actualidad, para la realización práctica de circuitos electrónicos. Presenta un gran número de ventajas sobre el sistema de cableado, que se pueden resumir en las siguientes:

- Proporciona una base para el montaje de los componentes, con una robustez mecánica elevada.

- La disposición de los componentes es fija, evitando así siempre el problema de la disposición en el espacio de los mismos, durante el montaje y cableado.

- El montaje es muy rápido, ya que solamente se precisa insertar los componentes en los barrenos del circuito y realizar la soldadura.

3.2.1 MATERIAL BASE

Los circuitos impresos se obtienen a partir de un material base, que se denomina laminado, formado por una resina plástica con una estructura interna de fibra de vidrio. Sobre esta base plástica y por una o las dos caras se encuentran una o dos láminas de cobre adheridas mediante un proceso de presión y alta temperatura, obteniéndose un producto final en forma de lámina de 1.5 mm de espesor aproximadamente, con la extensión superficial necesaria. Este laminado es el elemento que permitirá, mediante el tratamiento adecuado, obtener la interconexión que se precise.

El primer paso para la realización del circuito, es el diseño o dibujo sobre el papel de la interconexión, es decir, de la disposición geométrica que han de tener los conductores o pistas que unirán eléctricamente los diferentes componentes. Esta fase es de gran importancia y requiere dedicarle todo el tiempo necesario.

3.2.2 FABRICACION

Con el diseño ya realizado, se procede a cortar el laminado al tamaño y forma requerido, y se obtiene un negativo fotográfico a escala 1:1 y a partir de este momento, se siguen procesos diferentes según se trate de circuitos monocara o doble cara.

En los primeros, se cubre el laminado por la cara del cobre con una emulsión fotosensible y se sitúa sobre ella el negativo con la imagen del diseño obtenido anteriormente, realizándose a continuación una exposición a la luz, en la que se emplean lámparas especiales de alta luminosidad (Luz Actínica), o la luz del sol durante un tiempo determinado. En esta fase se impresionarán únicamente las zonas expuestas a la luz del negativo, es decir , las pistas o vías conductoras.

A continuación se procederá al revelado, durante el cual se eliminarán las zonas donde la emulsión fotográfica no haya sido impresionada, quedando protegidas únicamente las vías de conducción.

Después de completar el proceso fotográfico, se somete el circuito a un ataque químico o incisión, con objeto de eliminar el cobre de las zonas no cubiertas, empleándose para ello una solución de cloruro férrico en agua. Una vez obtenida la imagen deseada sobre el laminado, habiendo desaparecido las zonas de cobre no útiles, se procede a eliminar la emulsión fotográfica de las pistas con un disolvente. Después se deja secar el circuito y se pasa a la fase de barrenado de todos los puntos o nodos donde se insertarán las terminales de los componentes.

El proceso puede terminar aquí una vez obtenidos los conductores en cobre, pero en circuitos de más alta calidad, se les somete a continuación a un proceso químico durante el cual se deposita una capa de una aleación de estaño-plomo sobre las pistas con objeto de evitar oxidaciones del cobre y facilitar el proceso de soldadura de componentes. La fabricación se completa con un tratamiento final de alta temperatura para fundir la aleación depositada, con lo que una vez enfriado el circuito se consigue un aspecto brillante de todos los conductores, quedando en estado óptimo para realizar todas las soldaduras necesarias. Todo esto puede verse gráficamente en la Figura 1.

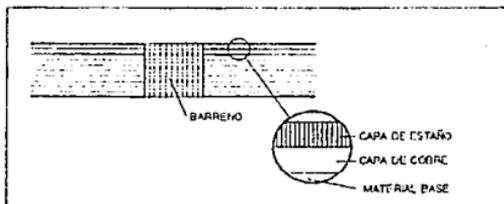


FIGURA 1 : Sección de un circuito impreso una cara.

3.2.3 CIRCUITO DOBLE CARA

En circuitos de doble cara, la primera fase consiste en realizar el barrenado de todos los nodos, con objeto de efectuar la metalización posterior de los barrenos. Después se somete el circuito a un proceso químico durante el cual se deposita una película de cobre en el interior de los barrenos. A continuación se realiza el proceso fotográfico anteriormente descrito, pero ahora sobre las dos caras del laminado, obteniendo el máximo de precisión en la colocación de los negativos sobre las caras y buscando una coincidencia total con los barrenos ya realizados.

El proceso químico de incisión y de depósito de estaño plomo, es similar al del circuito monocara, con la única diferencia de que el estaño-plomo se depositará en el interior de los barrenos, quedando éstos en óptimas condiciones para la soldadura de componentes, obteniéndose así una mayor calidad y seguridad que un circuito monocara, como se muestra en la Figura 2.

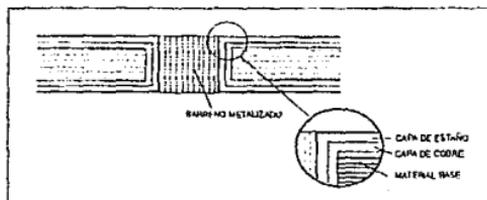


Figura 2 : Sección de un circuito doble cara

3.2.4 BARRENADO

Para un circuito monocara, una vez terminada la incisión o ataque químico se procede a barrenar los orificios que se requieran para las terminales de los componentes. El diámetro de estos orificios dependerá del grosor de la terminal y por lo cual el diámetro de la broca dependerá del tipo de componente y esto se muestra en la Tabla 7:

TABLA 7

DIAMETROS DE BROCA PARA COMPONENTES ELECTRONICOS

COMPONENTES ELECTRONICOS	DIAMETRO EN MM.
CIRCUITOS INTEGRADOS	0.8 mm.
TRANSISTORES TO-72 Y TO-18	0.8 mm.
TRANSISTORES TO-126 Y TO-220	1.2 mm.
TRANSISORES O-3	1.6 mm.
DISPLAYS DE CRISTAL LIQUIDO	0.8 mm.
DISPLAYS DIODO EMISOR DE LUZ	0.8 mm.
RESISTENCIAS 1/4 WATT	1.2 mm.
RESISTENCIAS 1/2 WATT	1.2 mm.
RESISTENCIAS 1 WATT	1.6 mm.
RESISTENCIAS 5 WATT	1.6 mm.
POTENCIOMETROS (PRESETS) 1/4 WATT	1.2 mm.
POTENCIOMETROS (PRESETS) 1/2 WATT	1.2 mm.

TABLA 7

DIAMETRO DE BROCA PARA COMPONENTES ELECTRONICOS

COMPONENTE ELECTRONICO	DIAMETRO EN MM.
CAPACITORES CERAMICA	0.8 mm.
CAPACITORES CERAMICA	0.4 mm.
CAPACITORES POLIESTER	0.8 mm.
CAPACITORES ELECTROLITICOS	0.8 mm. - 1.2 mm.
CAPACITORES TANTALO	0.8 mm.
DIODOS EMISORES DE LUZ	0.8 mm.

3.2.5 LAVADO

Una vez que ha sido eliminado todo el cobre sobrante, se procede a lavar bien la placa con agua tibia para eliminar los restos de cloruro férrico que pudiera subsistir. Una vez seca se elimina la protección del cobre que forma el circuito, disolviendo el fotoacabado, el que se hace con alcohol o acetona, para eliminar todo resto del proceso de formación del circuito. Cuando el cobre quede limpio, es conveniente aplicar un barniz que evite su oxidación y permita hacer soldaduras perfectas.

3.3 PROCESO DE SOLDADURA

En electrónica, la principal meta cuando tenemos un proceso de soldadura, es unir mecánica y eléctricamente dos componentes del circuito. Para que esta unión sea posible, la soldadura o material de aporte debe adherirse o "mojar" las superficies de los componentes que quieran unirse. Este "mojado" del material de aporte a una base metálica, es similar a la acción del agua esparcida sobre una superficie lisa : si la superficie está limpia y libre de polvo y aceite, el agua mojará de una manera uniforme la superficie ; si la superficie está sucia y con aceite el agua formará gotas.

La mayoría de los fabricantes de componentes electrónicos hacen un buen trabajo logrando que sus productos contengan materiales que sean fáciles de soldar o dando superficies limpias de polvo y aceite.

Cobre, Cobre-Acero o Niquel-Acero son algunos de los materiales que se utilizan en las terminales de resistencias, capacitores y circuitos integrados y que pueden ser recubiertos por plata, estaño y oro para mejorar la unión entre las capas. Grasas, aceites, polvo y óxidos son las principales causas de contaminación que hacen una soldadura imperfecta.

3.3.1 ALEACIONES DEL MATERIAL DE APORTE Y FLUJO

Técnicamente, soldar es unir dos partes con una aleación metálica teniendo un punto de fusión menor a 427°C. Existen

varias aleaciones de material de aporte que incluyen diferentes combinaciones de plomo-estaño, antimonio, plata y bismuto, la combinación más común es la de plomo-estaño. El rango de plomo-estaño de la soldadura varia desde 100% plomo hasta 100% de estaño incluyendo cualquier combinación. Para plomería, una aleación del 10% de estaño y 90% plomo (10/90) es la normalmente utilizada. Para soldadura eléctrica una mezcla normalmente usada es la de 60% estaño y 40% plomo (60/40).

Las características de las aleaciones estaño-plomo las podemos graficar contra la temperatura como se ve en la Figura 3.

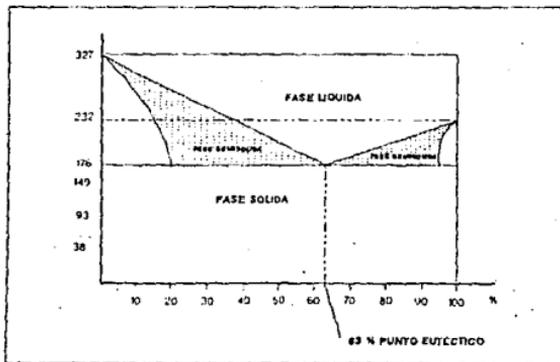


FIGURA 3 : Punto de fusión, incluyendo una fase pastosa de aleaciones estaño-plomo.

Este diagrama o gráfica es un diagrama de fase, y nos permite ver que una aleación 63/37 tiene un punto eutéctico y un solo punto de fusión. Cualquier otra aleación empieza a derretirse a una temperatura que se mueve a través de una fase pastosa o semisólida y se vuelve líquida en un punto más elevado de temperatura. Cualquier cambio físico de los componentes que se están soldando mientras el material de aporte está en el rango semisólido, dará como resultado una unión " fría ". Esta unión será granosa y mate y mecánicamente débil, por lo tanto, las aleaciones 63/37 ó 60/40 son comunmente utilizadas en electrónica dado que éstas permanecen poco tiempo en la fase semisólida. Es claro que una aleación 50/50 puede ser utilizada si se toman las medidas necesarias.

3.3.2 EQUIPO

Las herramientas que se requieren para soldar conexiones eléctricas se pueden dividir las en dos clases : las automáticas y las manuales.

Dentro de las manuales se cuenta con el cautín de lápiz y el de tipo pistola, de estos dos tipos, el más usado es el cautín de lápiz debido a su ligereza y sencillez al ser manejado. Estos cautines pueden agruparse en 3 categorías dependiendo de la potencia requerida en Watts como se muestra en la Tabla 8.

TABLA 8

TIPO DE SOLDADURA	WATTS RECOMENDADOS
USO LIGERO: Uniones simples, para reparación de partes delicadas como circuitos integrados o cables delgados, cuando el punto de unión es muy pequeño.	25 a 30 Watts
USO MEDIO: Uniones múltiples o en sucesión, como por ejemplo resistencias de 1 Watt o capacitores de disco convencionales.	60 a 100 Watts
USO PESADO: Cables gruesos de tierra o aquellos que se unan a partes metálicas o punto de unión es muy grande.	Arriba de 100 Watts

Hoy en día existe un nuevo proceso para soldar las tabletas de circuitos impresos el cual se lleva a cabo mediante una ola y la cual es totalmente automática.

Dentro de la máquina el proceso principia con el impregnado de fundente sobre el circuito impreso a soldar y existen dos métodos para ello que son:

- Por medio de una esponja
- Por medio de ola

A continuación se procede a precalentar las pistas así como el fundente mediante unas lámparas de cuarzo, después de esto pasa a ser soldado por la ola que contiene el material de aporte, para después pasar por una cámara de aire para remover el exceso de material de aporte así como los puntos de soldadura en mal estado, si los tuviera. Así termina este procedimiento interno de la máquina. Para un operador únicamente es necesario alimentar la máquina con el circuito a soldar y de vez en cuando dosificar el fundente y el material de aporte.

3.3.3 TECNICAS DE SOLDADURA

La mejor técnica puede describirse fácilmente. Primero, asegurarse que la punta del caudín esté a la temperatura de operación y además que esté limpia. Después tocar con la punta la conexión, preferentemente en la parte que tenga mayor masa como se observa en la Figura 4. El material de aporte no deberá unirse hasta que los metales a unir estén suficientemente calientes para derretirlo.

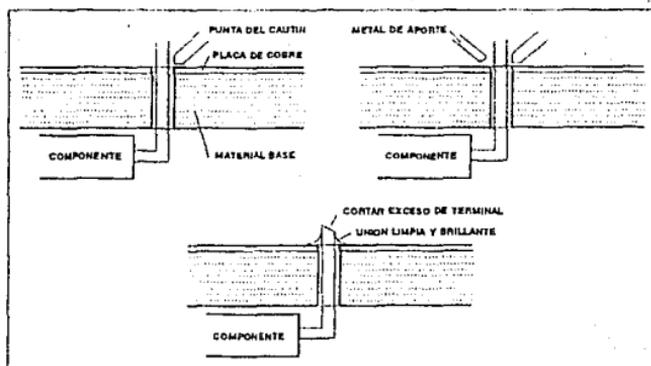


FIGURA 4 : Pasos en la soldadura

Cuando el material de aporte esté derretido y fluya a través del filete de unión, remueva el material de aporte. Mantenga el caudín por algunos segundos y apártelo. No toque o sople la nueva unión hasta que solidifique. Una buena soldadura se verá brillante. Si se toca o sopla la unión antes de solidificar se puede producir una " unión fría ".

3.4 TRATAMIENTO DE COMPONENTES

Antes de iniciar el montaje de los circuitos impresos de cualquier equipo electrónico es preciso que los componentes que van a ser montados reciban una preparación previa que facilite al máximo su inserción en los barrenos correspondientes así como su unión al circuito impreso.

Esta preparación previa se realiza con objeto de adaptar de la mejor manera posible, la forma y dimensiones de cada componente al espacio físico de que va a disponer sobre el circuito, empleándose para todo ello la denominación de preformado.

3.4.1 PREFORMADO DE TERMINALES

Los componentes que únicamente disponen de dos terminales pueden ser clasificados en dos grupos, atendiendo a la forma empleada para la colocación de éstos sobre el cuerpo durante el proceso de fabricación y son los siguientes:

- Componentes con terminales axiales
- Componentes con terminales radiales

Los primeros presentan las terminales de salida situados sobre los extremos del cuerpo y alineados con éste, formando una línea imaginaria que pasaría por su centro geométrico. Requieren, por lo tanto, que se les realice un preformado para su montaje en el circuito impreso.

En el segundo grupo, las terminales de los extremos del cuerpo son perpendiculares a éste y paralelos entre sí. Se adaptarán sin preformado en el circuito impreso.

El preformado puede ser realizado a mano o con algunas herramientas especiales para este trabajo y son las siguientes:

- Alicates de punta fina
- Conformador de componentes

3.5 PROCEDIMIENTO

Una vez que se tienen todas las materias primas listas para ser procesadas se siguen diferentes procesos para tener el producto terminado y esto es de la siguiente manera:

Primeramente el laminado sale del almacén para ser cortado al tamaño requerido dependiendo del tipo de instrumento del que se trate. Una vez que ha sido cortado se inspecciona visulamente por el operador. De ahí pasa el laminado a ser cubierto por una emulsión fotosensible para luego situar el negativo de la imagen del diseño y exponerse durante 2 minutos a la luz actínica y poder revelarse el diseño posteriormente. Una vez hecho esto se procede a una inspección visual del revelado.

Después de esto se procede al barrenado del circuito impreso previamente lavado con agua.

A continuación se procede a introducir el laminado a las tinajas de ataque químico y posteriormente a las tinajas de lavado en donde se le aplica primero un desengrasante por medio de vapor y luego un solvente y a la última inspección del mismo.

A partir de este momento se procederá a ensamblar todos los componentes electrónicos. Primero se ensamblan todos los componentes axiales y son soldados al circuito impreso así como el corte de las terminales que queden largas, de ahí pasan al ensamble radial para ser posteriormente soldados y cortados. Al terminar este proceso se procede a soldar todos los cables e insertar los circuitos integrados. Por último se procede a calibrar e inspeccionar cada instrumento antes de ser ensamblado a su caja y empaquetado.

El último proceso es el de almacenar el producto dentro del almacén principal.

3.6 CONCLUSION

Debido a las características generales de los instrumentos a producir, observamos que todos pasan a través de las mismas operaciones aunque con diferentes propósitos al igual que diferentes tipos de componentes electrónicos.

Dentro de estos instrumentos la mayor parte de ellos se harán en circuitos impresos de una sola cara debido a la facilidad y sencillez de impresión y colocado de componentes electrónicos.

Para la operación de barrenado se deberá contar con un taladro de banco computarizado debido a la gran cantidad de barrenos que contienen los circuitos impresos además del tiempo que se tardarían en hacerlos manualmente, sería incosteable barrenarlos.

Por otro lado la aleación del material de aporte que se va a utilizar es de 60% estaño y 40% plomo (60/40), debido a que es el valor comercial mas cercano al punto eutéctico de esta aleación, además de tener un punto de temperatura mas bajo de fusión.

Existe una diferencia en los procesos de ensamble y soldado dependiendo si la soldadura se hace manual o automática debido a que si se hace manual quedará como se indica en las Tablas 5 y 6 ; si se hace por medio de soldadura de ola, se tendrán que insertar todos los componentes electrónicos primero, para luego ser soldados (axiales y radiales). El tipo de cautín que se utilizará deberá ser de 60 watts debido al tipo de soldadura que se va a utilizar, además del tipo de componentes electrónicos que se van a soldar.

La línea de ensamble deberá ser continua por lo que se utilizará una banda transportadora para que los movimientos del producto no sean hechos manualmente y evitar así mal manejo de los subensambles, debido a que los componentes electrónicos son muy delicados.

Todos los componentes axiales serán preformados para facilitar al máximo su inserción dentro del circuito impreso.

4 SELECCION DE EQUIPO

Para poder hacer una buena selección de equipo se tienen que considerar varios puntos importantes como son:

- Inversión total en maquinaria
- Costo-Beneficio entre máquinas que desarrollan una misma actividad.
- Características propias de la maquinaria tales como :
 - Mantenimiento
 - Vida útil
 - Valor de rescate
 - Inversión inicial
 - Instalaciones especiales

La inversión total en maquinaria no puede excederse de un monto total de \$ 60,000.00 U.S.DLLS., con lo cual se tiene una restricción bastante grande debido a que no se pueden asignar presupuestos a cada una de las diferentes áreas.

Para este caso se necesitan seleccionar diferentes tipos de equipo y los cuales son los siguientes:

- Equipos de corte
- Equipos de ataque químico y tinas de lavado
- Equipos de barrenado
- Equipos de preformado e inserción
- Equipos de soldadura
- Equipos de control de calidad

Muchos de estos equipos no pueden ser conseguidos en la República Mexicana por lo que tendrán que seleccionarse y comprarse en dólares, sin tomar en cuenta la inflación, debido a que todo análisis se hará en pesos al tipo de cambio de \$ 2405.00 pesos por dólar . Este análisis tendrá como base que el costo del dinero en Estados Unidos es del 8% anual neto.

5.1 EQUIPOS DE CORTE

Existen muchas maneras para procesos de corte, pero en este caso y debido a las características del material a cortar, se pueden utilizar los siguientes tipos de maquinaria para llevar a cabo el corte:

- Sierras circulares
- Sierras de cinta

Dentro del mercado nacional se encuentran los siguientes modelos que se muestran en la Tabla 9 :

TABLA 9

EQUIPO 1

SIERRA CIRCULAR , Industrial con banco de trabajo

CARACTERISTICAS

Alimentación	230 VAC, 1 Fase 60 Hz
Mesa de trabajo	1.20m x 1.80m x 0.80m
Peso	47 kilogramos
Velocidad de Corte	Variable
Costo	\$ 3'0006250.00 PESOS
Vida	30 años
Valor de rescate	-

EQUIPO 2

SIERRA CIRCULAR , Industrial con banco de trabajo

CARACTERISTICAS

Alimentación	230 VAC, 1 Fase 50/60 Hz.
Mesa de trabajo	1.10m x 1.50m x 0.75m
Peso	32 kilogramos
Velocidad de corte	Fija
Costo	\$ 2'645,500.00 PESOS
Vida	20 años *
Valor de rescate	\$ 481,000.00 PESOS

* Debido a que consta de muchas piezas plásticas que tienen que ser reemplazadas regularmente.

EQUIPO 3**SIERRA CIRCULAR , Neumática****CARACTERISTICAS**

Alimentación	Aire comprimido .45 m3/min 0.85 kg/cm2.
Mesa de trabajo	1.1m x 1.5m x 0.75m
Peso	37 kilogramos
Velocidad de corte	Fija
Costo	\$ 4'329,000.00 PESOS
Vida	35 años
Valor de rescate	-

Para que este último equipo funcione se necesita que tenga instalaciones especiales que fueron evaluadas y tuvieron un costo de \$ 2'886,000.00 PESOS por lo que se tiene que aumentar al costo del equipo.

Con esta información el análisis financiero queda de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 10.

FABLA 10

ANALISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE CDTE

	INVERSION INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$3,066,250.00	\$0.00	\$240,500.00	30	8.00%	\$293,575 PESOS
EQUIPO 2	\$2,645,500.00	\$0.00	\$481,000.00	20	8.00%	\$327,260 PESOS
EQUIPO 3	\$4,329,000.00	\$2,886,000.00	\$0.00	35	8.00%	\$644,193 PESOS

Para cualquier aclaración de las fórmulas utilizadas consultar el Anexo 3.

4.2 EQUIPO DE ATAQUE QUIMICO Y SECADO

Estos equipos son fabricados dependiendo de las características que se requieran y fueron cotizados según las características que se tienen a continuación:

- TRES TINAS DE ATAQUE QUIMICO
 - * Capacidad de 200 litros
 - * Temperatura controlada entre 20°C y 30°C para agilizar la reacción
 - * Bomba de circulación (eléctrica)
 - * Acero inoxidable y fibra de vidrio
- UNA SECADORA
 - * Temperatura controlada
 - * Extractor de aire
 - * Cámara de 0.80m x 2.10 con banda transportadora

Las cotizaciones de ambas compañías fueron las siguientes:

Compañía 1	\$ 18'278,000.00 PESOS
Compañía 2	\$ 16'594,500.00 PESOS

Por lo que se seleccionó la que tuvo menor costo, debido a que no era necesario hacer un análisis financiero de estos equipos.

4.3 EQUIPO DE BARRENADO

Existen diferentes tipos de equipos de barrenado siendo algunos de ellos los siguientes:

- De mano
- Verticales
- Radiales
- De husillos múltiples
- Múltiples

Pero para este caso se tiene que tomar en cuenta que se necesita un taladro vertical con movimientos específicos de coordenadas prefijadas para cada circuito impreso. Por lo cual se tiene que seleccionar un taladro de precisión computarizado para localizar y barrenar en las coordenadas prefijadas. En el mercado nacional no existe este tipo de equipos por lo que se tuvo que recurrir al mercado extranjero y se encontraron los siguientes equipos:

EQUIPO 1

TALADRO DE PRECISION

CARACTERISTICAS

Alimentación	230 VAC, 1 Fase 60 Hz.
Precisión	0.001 mm.
Capacidad	0.3mm-6.5mm (Herramienta)
Peso	2000 kilogramos
Dimensiones	1.1 m x 2.75 m x 1.75 m
Consumo de Aire	0.15 m ³ /min @ 0.211 kg/cm ²

Husillos	Cuatro herramientas
Velocidad de corte	Variable
Costo	\$ 33'670,000.00 PESOS
Vida	25 años
Valor de Rescate	\$ 9'620,000.00 PESOS

EQUIPO 2

TALADRO DE PRECISION

CARACTERISTICAS

Alimentación	230 VAC, 1 Fase 60 Hz.
Precisión	0.0025 mm
Capacidad	0.3mm-6.5mm (Herramienta)
Peso	1400 kilogramos
Dimensiones	1.27 m x 1.60 m x 1.60 m
Consumo de aire	Ninguno
Husillos	Cuatro herramientas
Costo	\$ 28'860,000.00 PESOS
Velocidad de corte	Variable
Vida	20 años
Valor de rescate	\$ 4'810,000.00 PESOS

Con esta información se hizo un análisis financiero de los dos equipos quedando de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 11 :

TABLA 11

ANALISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE BARRENADO

	INVERSION INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$33,670,000.00	\$2,886,000.00	\$9,620,000.00	25	8.00%	\$3,885,086 PESOS
EQUIPO 2	\$28,860,000.00	\$0.00	\$4,810,000.00	20	8.00%	\$3,570,109 PESOS

Para cualquier aclaración de las fórmulas utilizadas consultar el Anexo 3.

Y puesto que el menor costo anual equivalente corresponde al equipo 2, entonces esta alternativa deberá ser seleccionada.

Por otro lado tenemos que el mantenimiento y gastos de funcionamiento son menores debido a que el equipo 1 además de energía eléctrica, utiliza aire comprimido mientras que el equipo 2 no lo utiliza. Estas instalaciones especiales fueron valuadas y se tuvo un costo de \$ 2'886,000.00 PESOS; por lo que es claramente visible que se tiene que aumentar al costo del equipo.

Por lo que se seleccionará el equipo 2 con una inversión inicial de \$ 28'860,000.00 PESOS tomando en cuenta los gastos de importación (Aranceles, fletes y seguros).

4.4 EQUIPO DE SOLDADURA

Existen dos maneras de soldar los circuitos impresos:

- Mediante un proceso automatizado (Soldadura por ola)
- Mediante un proceso manual

En este caso se tiene que evaluar el equipo y la mano de obra al mismo tiempo en conjunto. Mediante un proceso de evaluación del costo de la mano de obra (Apéndice 2) , se llegó a la conclusión de que el costo de Hora--Hombre es de \$ 3703.70 PESOS, para este tipo de personal especializado. Se tiene como base que la producción sería la misma para ambos casos.

Para el caso del proceso automatizado tenemos que tomar en cuenta que también se requiere mano de obra pero en menor escala. Para que este proceso se pueda llevar a cabo es necesario automatizar la inserción de los componentes así como el traslado de las tarjetas a los centros de trabajo, por lo que se analizará por separado cada uno de los equipos y al final se totalizará todo esto.

4.4.1 INSERCIÓN DE COMPONENTES

Para un proceso automatizado como este se necesitarán dos tipos de insertadoras :

- Axiales
- Radiales

Dentro de los equipos de inserción de componentes axiales tenemos los siguientes :

EQUIPO 1

INSERTORA Y PREFORMADORA:

CARACTERISTICAS

Alimentación	230 VAC 60 Hz.
Capacidad	10 componentes diferentes
Velocidad	25 componentes x minuto
Costo	\$ 16'835,000.00 PESOS
Vida	20 Años
Valor de rescate	\$ 4'329,000.00 PESOS
Peso	470 kilogramos
Dimensiones	3.2m x 1.1m x 1.8m

EQUIPO 2**INSERTORA Y PREFORMADORA :****CARACTERISTICAS**

Alimentación	230 VAC 60 Hz.
Capacidad	12 componentes
Velocidad	20 componentes x minuto
Costo	\$ 14'430,000.00 PESOS
Vida	20 Años
Valor de rescate	-
Peso	420 kilogramos
Dimensiones	2.7m x 1.2m x 1.7m

Cualquiera de estos dos equipos sirve perfectamente para la aplicación que se requiere y el análisis financiero queda de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 12.

Por lo que el equipo 2 deberá escogerse debido a que tiene el menor costo anual equivalente con una inversión inicial de \$ 14'430,000.00 PESOS.

Dentro de los equipos de inserción de componentes radiales se tienen los siguientes:

EQUIPO 1**INSERTORA Y PREFORMADORA :****CARACTERISTICAS**

Alimentación	230 VAC, 60 Hz
Capacidad	15 componentes diferentes
Velocidad	20 componentes x minuto
Costo	\$ 9'620,000.00 PESOS
Vida	25 Años
Valor de rescate	\$ 962,000.00 PESOS
Peso	280 kilogramos

TABLA 12

ANALISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE PREFORMADO E INSERTADO AXIAL

	INVERSION INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$16,457,000.00	\$0.00	\$4,731,800.00	20	8.00%	\$2,035,834 PESOS
EQUIPO 2	\$14,106,000.00	\$0.00	\$0.00	20	8.00%	\$1,744,975 PESOS

Para cualquier aclaración de las fórmulas utilizadas consultar el Anexo 3.

EQUIPO 2

INSERTORA Y PREFORMADORA :

CARACTERISTICAS

Alimentación	230 VAC, 60 Hz.
Capacidad	15 componentes diferentes
Velocidad	18 componentes x minuto
Costo	\$ 12'025,000.00 PESOS
Vida	30 Años
Valor de rescate	\$ 962,000.00 PESOS
Peso	320 kilogramos
Dimensiones	2.4 m x 1.3 m x 1.4 m

El análisis financiero queda de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 13.

En este caso en específico se ve que los dos costos anuales equivalentes están muy cercanos el uno del otro por lo que se podría escoger cualquiera de los dos, no dependiendo de un análisis financiero, sino comparando las características de cada uno. Pero en este caso se escogerá el equipo 1 con un inversión inicial de \$ 9'620,000.00 PESOS.

4.4.2 TRASLADO DE TARJETAS

En este caso sólo existe una compañía que se dedica a instalar este tipo de equipo dependiendo de las características que se requieran; y la cotización para el proceso automatizado que se obtuvo fue la siguiente:

TABLA 13

ANALISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE PREFORMADO E INSERTADO RADIAL

	INVERSION INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$9,620,000.00	\$0.00	\$962,000.00	25	8.00%	\$1,032,780 PESOS
EQUIPO 2	\$12,025,000.00	\$0.00	\$962,000.00	30	8.00%	\$1,174,300 PESOS

Para cualquier aclaración de las fórmulas utilizadas consultar el Anexo 3.

DESCRIPCION	MONTO
Banda transportadora 30m x 0.6m con velocidad variable	\$ 19'721,000.00 PESOS
Transportadores de circuito impreso	\$ 4'136,600.00 PESOS
TOTAL	\$ 23'857,600.00 PESOS

Para el proceso manual se requiere que el transporte de tarjetas sea dentro de la línea de ensamble y el costo se muestra dentro de las estaciones de trabajo. Las estaciones de trabajo fueron valuadas y se obtuvo un costo de \$ 18'759,000.00 PESOS.

U.S.DLLS.

4.4.3 MANO DE OBRA

Como se mencionó anteriormente se hizo una evaluación del costo de hora-hombre que está dentro del Apéndice 2 y que fue de \$ 3'703.70 PESOS la Hora-Hombre.

Para el proceso automatizado se necesitarán 5 personas las cuales manejarán todo el equipo que se instale. Por lo que para este proceso el Costo total de un año de Hora Hombre es el siguiente:

$$5 \times 200 \times 8 \times \$3'703.70 = \$ 29'629,600.00 \text{ PESOS}$$

Para el proceso manual se necesitarán 10 personas, las cuales harán el trabajo desarrollado por el proceso automatizado.

$$10 \times 200 \times 8 \times \$ 3703.70 = \$ 59'259,200.00 \text{ PESOS}$$

4.4.4 SOLDADURA POR OLA

Existen diferentes tipos de equipos para hacer soldadura por ola, pero se seleccionaron dos modelos de una misma marca que fueran compatibles con la banda transportadora para evitar el cambio de tipo de contenedores y éstos fueron:

EQUIPO 1

MAQUINA DE SOLDADURA POR OLA:

CARACTERISTICAS

Costo	\$ 14'430,000.00 PESOS
Valor de Rescate	\$ 4'329,000.00 PESOS
Vida	20 años
Mantenimiento	\$ 1'202,500.00 PESOS

EQUIPO 2

MAQUINA SE SOLDADURA POR OLA:

CARACTERISTICAS

Costo	\$ 19'721,000.00 PESOS
Valor de rescate	\$ 5'772,000.00 PESOS
Vida	20 años
Mantenimiento	\$ 1'322,750.00 PESOS

El análisis financiero quedó como se muestra en la Tabla 14.

Por lo que se escogerá el equipo 1 que tiene el menor costo anual equivalente con una inversión inicial de \$14'430,000.00 PESOS.

4.4.5 SOLDADURA MANUAL

Dentro de los equipos de soldadura manual existen diferentes equipos, pero la realidad es que el equipo para este tipo de proceso son estaciones con temperatura controlada.

Para que los procesos, automático y manual sean similares en unidades producidas se requieren 8 equipos que fueron valuados y se tuvo un costo de \$ 4'810,000.00 PESOS.

4.4.6 RESUMEN PROCESO AUTOMATIZADO

Para que se pueda hacer un análisis financiero de comparación entre los dos procesos se tomaron los costos anuales equivalentes, los cuales fueron tomados de los incisos correspondientes.

La inversión inicial que se tendrá que hacer para poder desarrollar un proceso automatizado de soldadura se obtiene de la siguiente manera:

INSERCIÓN DE COMPONENTES	\$ 26'455,000.00 PESOS
TRASLADO DE TARJETAS	\$ 19'047,600.00 PESOS
EQUIPO DE SOLDADURA POR OLA	\$ 14'430,000.00 PESOS
TOTAL	\$ 59'932,600.00 PESOS

TABLA 14

ANALISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE SOLDADURA POR OLA

	INVERSIÓN INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$14,430,000.00	\$0.00	\$4,329,000.00	20	8.00%	\$1,785,054.75 PESOS
EQUIPO 2	\$19,721,000.00	\$0.00	\$5,772,000.00	20	8.00%	\$2,439,574.82 PESOS

Para cualquier aclaración de las formulas utilizadas consultar el Anexo 3.

Es completamente obvio que no puede aumentarse a la inversión inicial el costo de la mano de obra, debido a que ésta no está contenida dentro de una inversión, sino dentro de los gastos de operación.

Por lo que la inversión inicial para el proceso automatizado será de \$ 59'932,600.00 PESOS.

4.4.7 RESUMEN SOLDADURA MANUAL

Como se mencionó en el inciso anterior para que un análisis financiero pueda compararse se tiene un punto de referencia el cual será a través de los costos anuales equivalentes.

La inversión inicial que se tendrá que hacer para el proceso de soldadura manual es el siguiente:

EQUIPO DE SOLDADURA	\$ 4'810,000.00 PESOS
ESTACIONES DE TRABAJO	\$19'240,000.00 PESOS
TOTAL	\$24'050,000.00 PESOS

Por lo que la inversión inicial para el proceso de soldadura manual será de \$ 24'050,000.00 PESOS.

4.4.8 CONCLUSION PARA EL PROCESO DE SOLDADURA

Para seleccionar el proceso adecuado económicamente y beneficiosamente al proceso, se tiene que evaluarlo de la manera que se muestra en la Tabla 15.

TABLA 15

PROCESO	INVERSION INICIAL	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	MANO DE OERA ANUAL	ANUALIDAD EQUIVALENTE	COSTO ANUAL
AUTOMATICO	\$63,337,600.00	\$9,620,000.00	25	8.00%	\$29,629,600.00	\$6,799,770.07	\$36,429,370.07 PESOS
MANUAL	\$19,240,000.00	\$721,500.00	30	8.00%	\$59,259,200.00	\$1,878,879.64	\$61,138,079.64 PESOS

	AUTOMATICO		MANUAL
INSERCIÓN DE COMPONENTES	ARXAL \$14,430,000.00	EQUIPO DE SOLDADURA	\$4,810,000.00 PESOS
	RACIAL \$9,620,000.00	ESTACIONES DE TRABAJO	\$14,430,000.00 PESOS
TRASLADO DE TARJETAS	\$23,857,600.00		
EQUIPO DE SOLDADURA POR OLA	\$14,430,000.00		
TOTAL	\$62,337,600.00 PESOS	TOTAL	\$19,240,000.00 PESOS

4.6 EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD

En este caso existe gran variedad de equipos pero se llegó a la conclusión de que para poder entrar en el mercado de exportación se debe tener un equipo lo suficientemente preciso para lograr una buena calibración por lo que se escogerá entre los siguientes equipos.

EQUIPO 1

CALIBRADOR DE TENSION

CARACTERISTICAS

Tensión en DC	0-200v 10 Volts Resolución
Impedancia	2 M Ohms. $\pm 0.05 \%$
Vida	13 Años
Costo	\$ 2'886,000.00 PESOS
Valor de Rescate	\$ 240,500.00 PESOS

EQUIPO 2

CALIBRADOR DE TENSION

CARACTERISTICAS

Tensión en DC	0-300v 1 Volt. Resolución
Impedancia	10 M Ohms. $\pm 1\%$
Vida	15 Años
Costo	\$ 2'849,925.00 PESOS
Valor de rescate	\$ 649'350.00 PESOS

Para los calibradores se tiene que el análisis financiero de los dos equipos se muestran en la Tabla 16.

El equipo 2 tiene el menor costo anual equivalente por lo que se seleccionará éste con una inversión inicial de \$ 2'849,925.00 PESOS.

Para otro tipo de pruebas automáticas se tiene que sólo existe un equipo y es el siguiente:

EQUIPO DE PRUEBAS AUTOMATICAS

EQUIPO DE COMPUTO	\$ 5'747,950.00 PESOS
MULTIMETRO DIGITAL	\$ 3'090,425.00 PESOS
GENERADOR DE FUNCIONES	\$ 6'625,775.00 PESOS
FRECUENCIMETRO	\$ 3'811,925.00 PESOS
OSCILOSCOPIO	\$ 6'289,075.00 PESOS
TOTAL	<u>\$ 25'565,150.00 PESOS</u>

TABLA 16

ANALISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE CALIDAD
EQUIPOS DE CALIBRACION

	INVERSION INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$2,886,000.00	\$2.00	\$240,500.00	13	8.30%	\$499,403.86 PESOS
EQUIPO 2	\$2,849,925.00	\$0.00	\$649,350.00	15	8.00%	\$437,916.88 PESOS

Para cualquier aclaración de las fórmulas utilizadas consultar el Anexo 3.

Para pruebas de señal se tienen los siguientes equipos:

EQUIPO 1

OSCILOSCOPIO ANALOGICO

CARACTERISTICAS

Ancho de Banda	2 canales, DC-60MHz a 20mV 50MHz a 2mV/div.
Velocidad de Barrido	Rango de 0.5 s. a 0.05 s.
Sensibilidad Vertical	Factores de deflexión desde 100 V/div hasta 2 mV/div. Precisión 3 %
Peso	6.1 kilogramos
Costo	\$ 3'607,500.00 PESOS

EQUIPO 2

OSCILOSCOPIO ANALOGICO

CARACTERISTICAS

Ancho de Banda	2 canales, DC-50MHz a 2 mV/div.
Sensibilidad Vertical	Precisión \pm 3%
Velocidad de Barrido	Rango de 0.5 s a 0.05 s.
Costo	\$ 3'415,100.00 PESOS

Para las pruebas de medición de señales el análisis financiero se muestra en la Tabla 17.

TABLA 17

ANÁLISIS FINANCIERO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DE CALIDAD
EQUIPOS DE MEDICIÓN DE SEÑAL

	INVERSIÓN INICIAL	INSTALACIONES ESPECIALES	VALOR DE RESCATE	VIDA	INTERES	COSTO ANUAL
EQUIPO 1	\$3,607,590.00	\$0.00	\$553,150.00	15	8.00%	\$554,325.17 PESOS
EQUIPO 2	\$3,415,100.00	\$0.00	\$505,050.00	15	8.00%	\$524,761.16 PESOS

Para cualquier aclaración de las fórmulas utilizadas consultar el Anexo 3.

4.7. CONCLUSION

Para una buena selección de cualquier clase de equipo es importante considerar puntos básicos como son:

- Costo-Beneficio entre máquinas que desarrollen una misma actividad.
- Inversión
- Mantenimiento
- Instalaciones especiales

Como dentro de la planta productiva existen diferentes tipos de equipos, estos se agruparon por actividades específicas y se hizo un análisis financiero de los mismos, mediante el anualizar los costos de los equipos.

Es importante señalar que la mayoría de los equipos provienen del extranjero por lo que estos fueron valuados en Pesos al tipo de cambio de \$ 2,405.00 Pesos por Dólar.

Para poder evaluar un proceso manual o uno automático se tuvo que hacer una evaluación del costo de la mano de obra, para determinar el costo anual de cada proceso.

Al evaluar estos procesos, resulta que el proceso automático tuvo un costo menor que el manual, debido a que el costo anual del equipo fue mucho menor que el de la mano de obra.

En la Tabla 18 se muestra el resumen del costo total del equipo que se seleccionó.

TABLA 18

RESUMEN SELECCION DE EQUIPO

EQUIPOS DE CORTE	\$3,056,250.00
EQUIPO DE ATAGUE QUIMICO Y SECADO	\$16,594,500.00
EQUIPO DE BARRENADO	\$28,860,000.00
PROCESO AUTOMATIZADO	\$62,337,600.00
EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD	\$2,849,925.00
PRUEBAS AUTOMATICAS	\$25,565,150.00
EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD	\$3,415,100.00
TOTAL	\$142,628,525.10 PESOS

5 DISTRIBUCION DE PLANTA

El principal objetivo de una distribución de planta es desarrollar un sistema para manejo de materiales, almacenaje de los mismos, así como la producción de un cierto producto, llevando un orden que permita la fabricación del número de productos deseado con alta calidad y al menor costo. Con todo esto puede llegar a considerarse en la distribución de planta, una buena integración de todos los factores que influyen en la utilización óptima de la maquinaria, con lo que se tiene una gran flexibilidad para poder tener los ajustes necesarios así como la posibilidad de tener una expansión a un futuro.

En términos generales, los objetivos que persigue la distribución de planta son:

- Minimizar el tiempo de producción
- Utilizar eficientemente el espacio existente
- Mantener flexibilidad durante la producción
- Minimizar el costo de movimiento de materiales
- Minimizar el costo de equipo de movimiento de materiales

5.1 DISTRIBUCION DE PLANTA POR COMPUTADORA

En los últimos 10 años se ha logrado desarrollar programas de computadora, dentro del diseño de la distribución de planta, tan sofisticados, que es bastante fácil lograr una distribución con base en muy pocos datos, que logra cubrir una infinidad de alternativas para la posible solución.

Existen seis tipos de algoritmos dentro del mercado y son los siguientes:

- * CORELAP Computerized Relationship Layout Planning
(Carta de relación de distribución de planta computarizada)
- ALDEP Automated Layout Design Program
(Programa de distribución de planta automatizada)
- CRAFT Computerized Relative Allocation of Facilities Technique
(Técnica de localización computarizada)
- PLANET Plant Layout Analysis and Evaluation Technique
(Técnica para análisis y evaluación de distribución de plantas)
- LAYOPT Layout Optimizing Program
(Programa para Optimización de distribución de plantas)
- LSP Layout Simulation Planning
(Sistema de simulación para planeación y distribución)

* Se tradujo cada uno de los algoritmos para la mejor comprensión en español aunque no sea la traducción estricta de los términos.

De todos estos programas para la distribución de planta, se escogió el de CORELAP debido a que los datos son fáciles de obtener y que consta de una de las variables útiles para este caso, como es la superficie total. En el presente caso ésta es de 1000 m².

Los datos a obtener son:

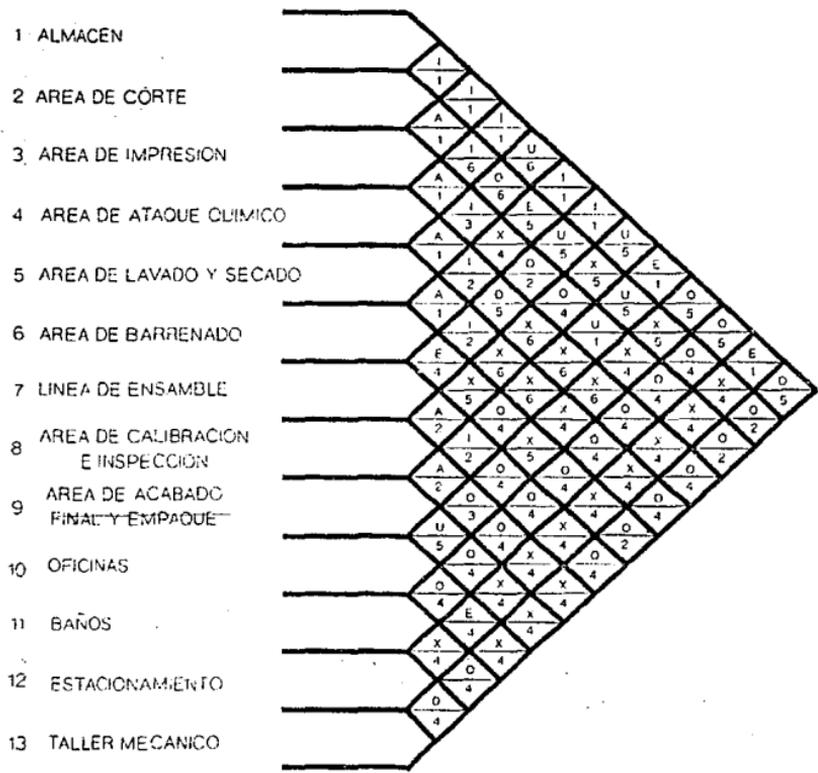
- Carta de relación de actividades
- Requerimiento de espacio
- Flujo del material (por áreas de trabajo)
- Número de departamentos

5.1.1 CARTA DE RELACION DE ACTIVIDADES

Para la formación de la carta de relación de actividades es muy importante determinar y conocer la escala de medida con la cual van a calificarse los departamentos entre sí. Existen seis rangos con los cuales se va a calificar:

- A | Absolutamente esencial que las dos actividades se localicen juntas
- E | Esencial que dos actividades se localicen juntas
- I | Importante que dos actividades se localicen juntas
- O | Ordinario : La preferencia que dos actividades se localicen juntas
- U | No es importante que las dos actividades se localicen juntas
- X | No se desea que dos actividades se localicen juntas

Ahora para nuestro caso en especial tenemos :



Existen ciertas razones por las cuales se calificó de la manera anterior, estas razones aparecen debajo de cada calificación. El código de estas razones es el siguiente :

CODIGO	RAZON
1	Flujo de material
2	Facilidad de supervisión
3	Personal común en ambas áreas
4	Conveniencia
5	Lugar aislado de ruido
6	Lugar aislado de corrosión

5.1.2 REQUERIMIENTO DE ESPACIO

Como se mencionó anteriormente tenemos la limitación de terreno, cuyas dimensiones físicas son de 25 m. x 40 m. ; haciendo un total de 1000 m² de superficie total.

A continuación se muestra una tabla del requerimiento de espacio necesario para esta industria.

AREA	SUPERFICIE
ALMACEN	170 m ²
AREA DE CORTE	16 m ²
AREA DE IMPRESION	48 m ²
AREA DE ATAQUE QUIMICO	48 m ²
AREA DE LAVADO Y SECADO	40 m ²
AREA DE BARRENADO	56 m ²
LINEA DE ENSAMBLE	200 m ²
AREA DE CALIBRACION E INSPECCION	40 m ²
AREA DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE	40 m ²
OFICINAS	120 m ²
BAÑOS	48 m ²
ESTACIONAMIENTO	110 m ²
TALLER MECANICO	51 m ²

Para cualquier duda acerca de la superficie necesitada consultar el Anexo 2.

5.1.3 FLUJO DE MATERIAL

Existen diferentes técnicas que comunmente son utilizadas para analizar el flujo de materiales y son las cartas o diagramas, esto debido a que son muy descriptivas y muy fáciles de visualizar. Las comunmente utilizadas son las siguientes:

- Diagrama de proceso
- Carta de proceso de multiproductos
- Diagrama de Recorrido

Debido a las características del tipo de producto y del proceso, el tipo de diagrama que se utilizará será el Diagrama de Recorrido, el otro tipo de diagrama que pudo haberse utilizado es el Diagrama de Proceso pero éste fue descrito anteriormente en la Sección 3, Tablas 5 y 6.

DIAGRAMA DE RECORRIDO
CIRCUITO IMPRESO

AREA DE TRABAJO	DESCRIPCION
ALMACEN	Inspección del laminado
	Entrega del laminado al operador
CORTE	Corte del laminado a tamaño especificado dependiendo del tipo de circuito impreso a producir.
IMPRESION	Cubrir el laminado con emulsión fotosensible y situar negativo del diseño, exponer a la luz y revelarse.
ATAQUE QUIMICO	Introducir laminado al cloruro férrico
	Inspección del circuito impreso
BARRENADO	Barrenado del circuito impreso
	Inspección del circuito impreso
LAVADO Y SECADO	Lavado de quimicos y emulsión de revelado
	Secado de circuito impreso
	Almacenamiento temporal

DIAGRAMA DE RECORRIDO

CIRCUITO ELECTRONICO

AREA DE TRABAJO

DESCRIPCION

ALMACEN

Entrega de componentes
electrónicos
Material de soldadura
Laminado de almacén temporal

LINEA DE ENSAMBLE

Ensamble de componentes axiales
Ensamble de componentes radiales
Ensamble de cables y circuitos
integrados

CALIBRACION E INSPECCION

Calibración del instrumento
Inspección del instrumento

ACABADO FINAL Y EMPAQUE

Ensamble de caja
Empaque

ALMACEN

Almacenaje de producto terminado

5.2 DESARROLLO DE LA DISTRIBUCION POR COMPUTADORA

Una vez que se obtuvieron todos los datos necesarios que se requieren para que el programa de computadora pueda evaluar la distribución, se corre el programa con los datos y se obtiene lo siguiente:

La relación de proximidad de los departamentos es:

- 1 Almacén
- 8 Calibración e Inspección
- 9 Empaque
- 2 Corte
- 5 Lavado y Secado
- 4 Ataque químico
- 3 Impresión
- 12 Estacionamiento
- 10 Oficinas
- 11 Baños
- 13 Taller Mecánico
- 6 Barrenado
- 7 Línea de ensamble

Y el orden para seleccionarlos para hacer la evaluación es la siguiente: 1,8,9,7,13,11,10,12,3,4,5,2.

Una vez que se evaluaron todas las posibilidades, se tiene que las áreas quedan de la forma en que muestra el Plano 1.

Terminado el proceso del programa y teniendo la distribución apropiada se dibujó un plano arquitectónico de cómo quedará la planta, éste es el Plano 2.

Una vez que se tiene la distribución de planta, pueden hacerse diferentes tipos de diagramas mostrando el proceso del producto, esto para observar la circulación del producto a través de la planta con todos los procesos durante el recorrido. A continuación se muestra un gráfico de proceso de cualquier producto. (Plano 3).

5.3 CONCLUSION

Los objetivos que se persiguieron dentro de la distribución de planta fueron logrados a través de la distribución de planta por computadora, esto debido a que se cubrieron todas las posibles alternativas mediante un programa de computadora.

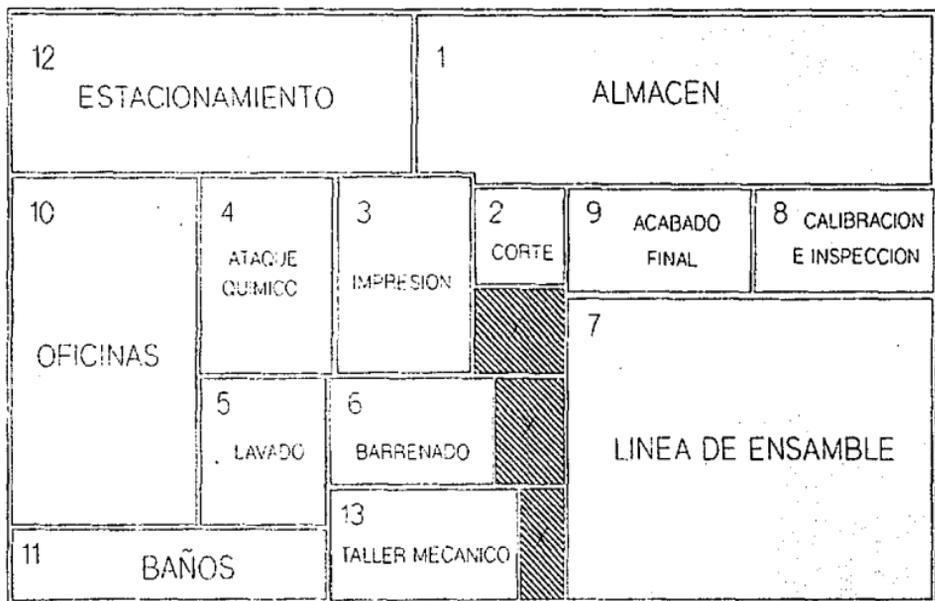
Es de vital importancia mencionar que la carta de relación de actividades puede ser cambiada en cuanto a sus calificaciones, debido a que son arbitrariamente escogidas, esto aclarando que no tendrá mayor importancia en el desarrollo de la distribución de planta.

Por causa de la limitación de superficie, el requerimiento de espacio fue menor de 1000 m² y hubo áreas que no fueron utilizadas pero que quedaron para alguna expansión futura.

El gráfico de proceso muestra claramente el flujo del material y producto a través de la planta productiva.

PLANO 1

DISTRIBUCION DE AREAS DADO POR EL PROGRAMA DE COMPUTADORA



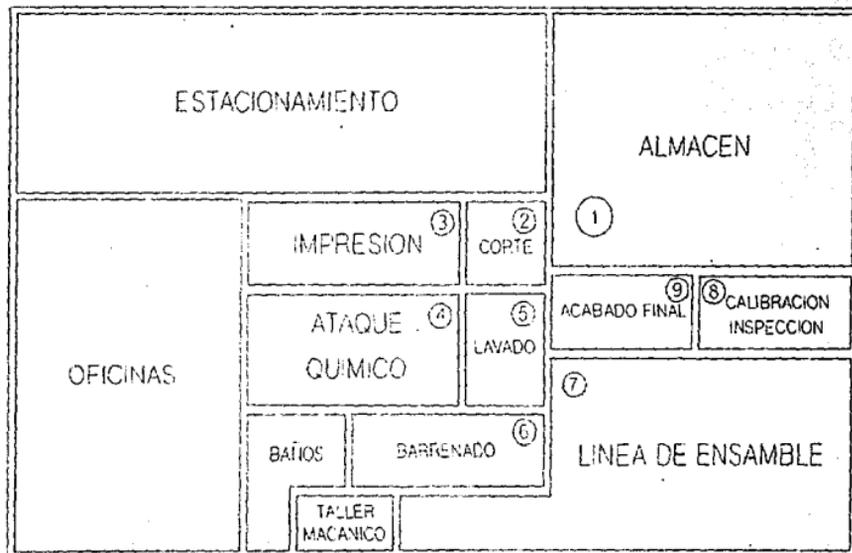
X AREAS NO UTILIZADAS

SIN ESCALA

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PLANO 2

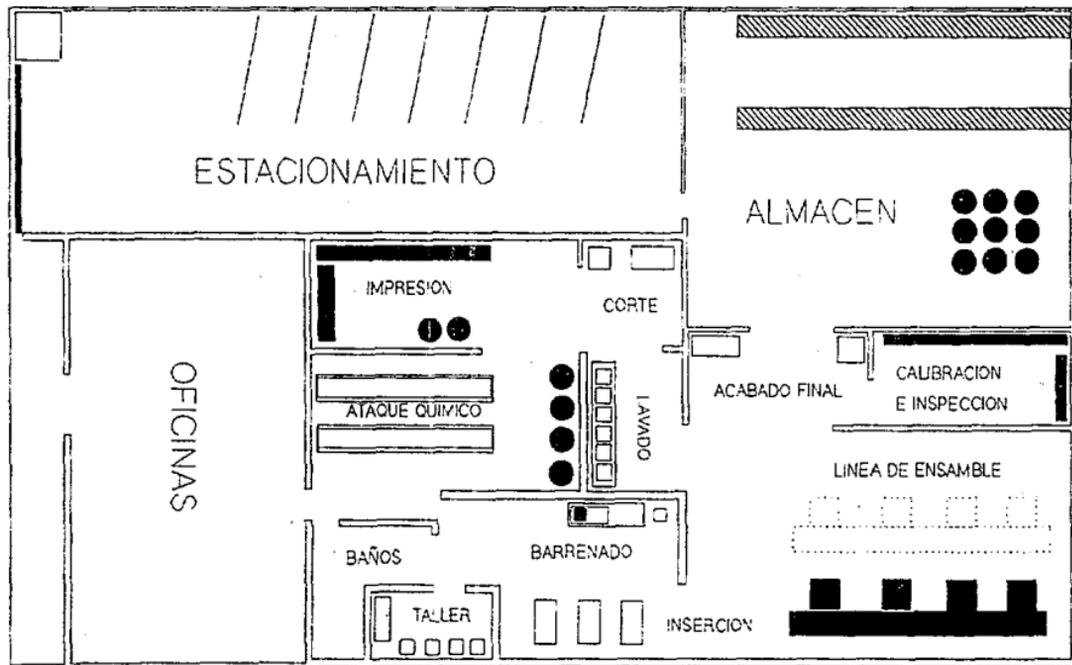
GRAFICO DE PROCESO



SIN ESCALA

PLANO 3

PLANO ARQUITECTONICO



SIN ESCALA

6 CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El control de calidad es un sistema de inspección, análisis y acción aplicado a un proceso de fabricación, de manera que inspeccionando una pequeña porción del producto terminado o en proceso, pueda efectuarse un análisis de su calidad.

Debido a las características principales de este producto expuestas anteriormente, se debe clasificar el control de calidad dentro de esta planta productiva en dos grandes grupos:

- Control de Calidad del Circuito Impreso
- Control de Calidad del Circuito Electrónico

Dentro de las Tablas 5 y 6 donde se presentan todos los procesos del producto, se hace mención de inspecciones visuales, con lo que se pretende tener un aseguramiento de calidad por cada operador cuando termine cada operación.

6.1 CONTROL DE CALIDAD EN EL CIRCUITO IMPRESO

Lo primero que hay que considerar al implantar el control de calidad en una operación, es la elección de la muestra apropiada para inspeccionarla a fin de evaluar la calidad del producto.

La muestra del circuito impreso debe ser lo suficientemente importante para proporcionar un valor realmente representativo de aquella característica de calidad que se desea controlar, además la elección de una muestra debe ser hecha con imparcialidad.

Hay dos clases de variación en las dimensiones del circuito impreso: Aquellas debidas a causas aleatorias y aquellas debidas a causas sistemáticas. Las variaciones debidas a causas aleatorias son inevitables y para el proceso y maquinados no pueden ser eliminadas o reducidas. Las causas sistemáticas pueden eliminarse debido a que pueden ser errores humanos o debido a herramientas o máquinas en mal estado.

En este caso el control de calidad que se utilizará será el método de inspección por variables y de escala continua, donde la medición de la calidad es verdadera con lo cual, conociendo la importancia de la desviación de la calidad real del circuito impreso respecto al valor prescrito, se pueden efectuar las correcciones pertinentes a la operación.

6.1.1 MUESTRAS PARA EL MÉTODO ESTADÍSTICO

En el caso del circuito impreso las muestras para el método estadístico se deberán hacer aleatoriamente cada hora y tomar una muestra de cuatro unidades, debido a que éstas son el 10% de la producción por hora.

Las muestras, de encontrarse en buen estado, serán devueltas al lugar de donde fueron retiradas, de no ser así, se enumeran y se verificará el proceso en donde se están desviando las dimensiones del circuito impreso.

Las variables que se verificarán en el circuito impreso serán:

- Dimensiones de largo y ancho
- Localización de barrenos así como diámetro de los mismos.
- Pistas dañadas o corroidas durante el proceso de ataque químico.
- Verificar que los circuitos impresos estén libres de aceites o grasas así como de humedad.

6.1.2 LIMITES DE CONTROL

Como en este caso ya se cuenta con las especificaciones de diseño del producto, se tiene para la primera variable, independientemente del tamaño nominal, una tolerancia positiva o negativa de :

$T N \pm 1mm$ para el caso de longitudes, y de $T N \pm 0.4mm$ en el de los barrenos, los cuales son llamados límites de especificación cuando un producto dentro del proceso de fabricación es estable o está bajo control; si las variaciones de los elementos están dentro de estos límites.

En general, se debe buscar que los límites de tolerancia coincidan aproximadamente con los de especificación.

La variabilidad del proceso se puede describir por medio de una desviación estándar de población, y de ahí la mayor parte de las observaciones quedará dentro de un intervalo total de 6σ . De esto se observa que los límites de especificación son mayores que 6σ , y el proceso dará lugar a una proporción muy pequeña de artículos defectuosos como se muestra en la Figura 5.

Para el caso del proceso de ataque químico, la verificación se hará visual por el operador y eliminará aquellas que estén severamente dañadas y verificará automáticamente el tiempo de exposición al ácido así como el proceso de fotograbado, mandando a evaluar muestras aleatorias a Control de Calidad.

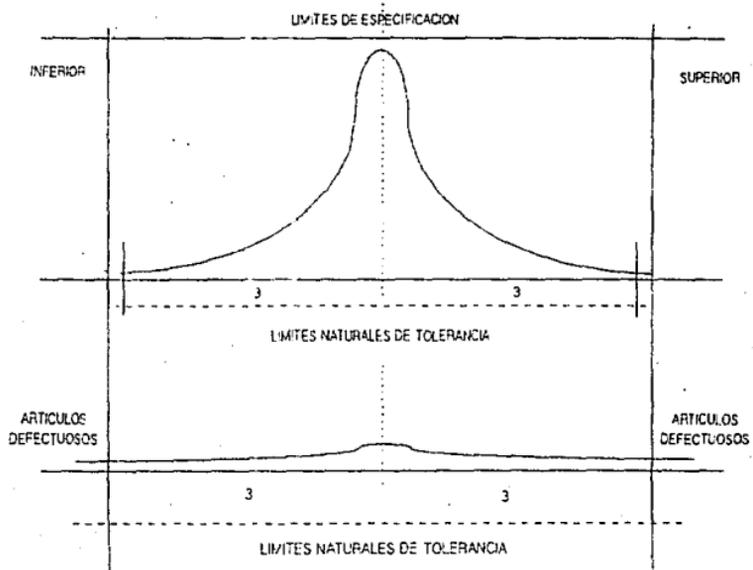


FIGURA 5 : Influencia entre límites de especificación y los naturales

6.1.3 LÍMITES DE ADVERTENCIA Y DE ACCION

Después de establecer los parámetros del proceso, es posible describir los límites que, si se exceden, alertarán respecto de si el proceso está fuera de control o se encuentra en peligro de estarlo.

En este caso se utilizarán dos pares de límites de control. El primer par representa los límites de advertencia o internos. Estos se establecerán de manera que exista 2.5 %* de probabilidad de que una media muestral tenga un valor por debajo del límite inferior, y 2.5 % * de probabilidad de tener un valor por encima del límite superior. Por lo tanto, los límites de advertencia se obtienen a una distancia de la media estimada de la población, igual a 1.96 (*2).

Los límites de acción o externos se establecen, por lo regular, de modo que haya una probabilidad de que 0.1 % * de la media caiga por encima del límite superior, y una también de 0.1 % * de que quede por debajo del límite inferior. Así pues, la distancia de los límites a partir de \bar{x} (media) es: ± 3.09 (*2).

- * Se pueden utilizar otros valores pero estos son comunes.
- *2 Los valores de 1.96 y 3.09 se obtuvieron a partir del área bajo la curva normal para el caso de una distribución normal.

6.1.4 DIAGRAMA DE LA MEDIA

Se dice que un proceso bajo control es aquél cuya media y cuya desviación estándar no experimentan cambios significativos. Cada una de estas cantidades se puede representar en un diagrama adecuado en el que se establecen tanto el valor medio como los límites de advertencia y de acción.

La media poblacional se estima a partir de las medias de las muestras, y esta dada por:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{k} \quad \dots\dots (1)$$

donde x_1, x_2, \dots son las medias muestrales y k es el número de muestras.

Para establecer los límites de advertencia y de acción para la media, se requiere estimar su desviación estándar de la media como sigue :

$$s = \frac{s}{n} \quad \dots\dots (2)$$

donde s es la estimación de la desviación estándar de la población y n el tamaño de la muestra. El valor s puede estimarse a partir de la amplitud media R dada por :

$$s = R d \quad \bar{R} = \frac{R}{k} \quad \dots\dots (3)$$

Los valores de d se presentan en el Anexo 3 y R es el valor máximo menos el valor mínimo de la muestra. De ahí que los límites de advertencia para la media (LAM) estén dados por :

$$x \pm 1.96 \frac{s}{n} = x \pm \frac{1.96 s}{n} \dots\dots (4)$$

de este modo,

$$LAM = x \pm \frac{1.96 R d}{n} \dots\dots (5)$$

$$\text{si } Aa = \frac{1.96 d}{n} \dots\dots (6)$$

los valores de Aa están dados en el Anexo 4 y por lo tanto:

$$LAM = x \pm Aa R \dots\dots (7)$$

Y de un modo similar los límites de acción para la media resultan ser :

$$LACM = x \pm Ac R \dots\dots (8)$$

y cuyos valores de Ac están dados en el Anexo 5.

6.2 CONTROL DE CALIDAD EN COMPONENTES ELECTRONICOS

En este caso el control de calidad sobre los componentes electrónicos se hará al final del proceso de ensamble durante la calibración debido a que todos los componentes que se compran vienen probados de fábrica y es muy difícil que tengan algún defecto. Es un hecho que más del 95 % de las veces que un componente electrónico falle se debe al manejo inadecuado, sobre todo en el proceso de soldadura.

Los puntos que se verificarán dentro de la calibración serán :

- Linealidad electrónica de los componentes (circuito)
- Defectos de funcionamiento en condiciones extremas.

6.2.1 PRUEBAS DE CALIBRACION

Cada producto que haya sido terminado tendrá que pasar por una calibración a fin de que las lecturas del medidor sean las correctas. Esto se hará a través de un calibrador electrónico en el cual se analizarán los siguientes puntos:

- Porcentaje de error
- Interferencia (Ruido impulso)
- Ajuste de cero
- Corriente suministrada

Una vez que se hayan revisado todos estos puntos y de tener fuera de control el proceso; se analizará el circuito para determinar qué componente electrónico está en malas condiciones y realizar un control estadístico sobre él, antes de que sea incorporado al proceso. Esto es, se verificará a la entrega del distribuidor y de encontrarse fallas en el componente se rechazará todo el lote.

6.2.2 PRUEBAS EN CONDICIONES EXTREMAS

Terminando las pruebas de calibración se escogerán dos medidores aleatoriamente del lote para hacerles pruebas en condiciones extremas de Tensión, Corriente, Calor, para así poder determinar las horas de vida de nuestro producto.

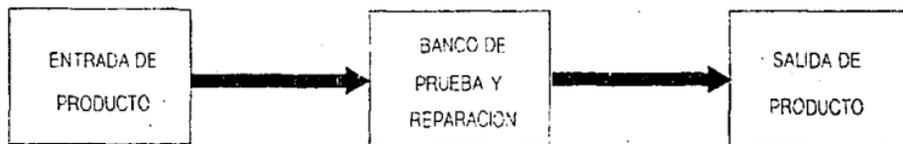
Este tipo de pruebas son de tipo destructivo, por lo que no podrán ser utilizados los componentes en alguna otra ocasión.

6.3 CONTROL DE CALIDAD AUTOMATIZADO

Dentro del aseguramiento de calidad, se debe tomar en cuenta que existe la posibilidad de hacer pruebas automáticas dentro de los instrumentos; debido a que el proceso toma menos tiempo a hacer las pruebas pertinentes. Esto puede representarse gráficamente de la siguiente manera, como lo muestra la Fig. 6.

Como puede apreciarse en la figura se puede ver que se reduce el tiempo de reparación el cual produce un ahorro en el tiempo de la línea de ensamble.

Proceso manual



Proceso automatico

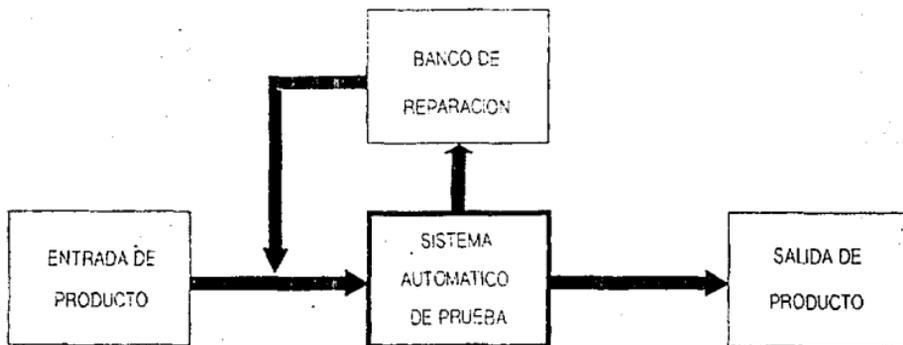


Fig. 6 Diferencia entre un proceso manual y uno automatico

6.4 CONCLUSION

El control de calidad mostrará la calidad del producto, mediante el cual podrá hacerse un análisis para determinar si el proceso se encuentra estable o inestable. Para ello es necesario seleccionar las muestras más representativas del producto, con lo cual puede determinarse si las fallas son de tipo aleatorio o sistemático.

Dentro de los productos que se fabrican, el control de calidad debe forzosamente dividirse en dos grupos para facilitar el mismo, siendo estos:

- Control de calidad en el circuito impreso
- Control de calidad en componentes electrónicos

Para ello se utilizará el método de inspección por variables de escala continua, y con ello se tratará de localizar las posibles fallas del proceso y efectuar las correcciones pertinentes .

Es necesario conocer los límites de advertencia y de acción para poder determinar cómo se encuentra el proceso en un tiempo determinado, y hacer los ajustes necesarios.

Un proceso muy importante del producto, es su calibración, debido a que mediante este se ajusta el medidor para obtener una lectura correcta.

7 CONCLUSIONES GENERALES

En los últimos años se observa claramente una tendencia muy marcada hacia la electrónica automotriz en México, por lo cual es un mercado totalmente nuevo y que no se ha desarrollado completamente en la industria automotriz.

Es lógico pensar que nuestra planta productiva deberá localizarse en una zona céntrica, para que el producto pueda ser distribuido fácilmente, además que está enfocado a una sola marca de automóviles, siendo ésta Volkswagen; aunque esto no quiere decir que otras marcas de automóviles no puedan utilizarlos. De los métodos que se utilizaron para localizar la planta productiva, se llegó a la misma conclusión en ambos casos, tendiendo a ser en el Estado de México, en las cercanías a Cuautitlán. Es un hecho muy importante que las vías de comunicación en el Estado de México son magníficas debido a que éstas son las mismas que para el Distrito Federal.

Los instrumentos que se van a producir en esta fábrica son muy variados pero al mismo tiempo tienen características similares en cuanto a su proceso de manufactura debido a que el proceso es similar, porque necesariamente el producto tiene que pasar a través de todos los procesos pero cambian algunas de las características como el número de componentes (radiales o axiales).

Es importante señalar que para el proceso de barrenado se deberá contar con un taladro de banco computarizado debido a la gran cantidad de barrenos que contienen los circuitos impresos y hacerlos manualmente sería demasiado ineficiente.

Toda la línea de ensamble tendrá que ser continua por lo que se utilizará una banda transportadora para tener un flujo continuo de producción, aunque contará con líneas o colas de espera para evitar aglomeraciones de productos dentro de una estación.

Los objetivos principales dentro de la localización de planta que se lograron fueron :

- Minimizar el tiempo de producción
- Utilizar eficientemente el espacio existente
- Minimizar el costo de manejo de materiales

Fueron logrados a través de la distribución de planta por computadora, aunque es obvio que solamente el programa da una aproximación muy cercana de la ubicación de los departamentos entre sí. Además, observando el plano final de la distribución, se ve claramente el flujo del material a través de la planta productiva.

Dentro de la selección de equipo, se logró que la inversión inicial estuviera dentro del monto inicial de inversión, por lo que se cumplió con el objetivo primordial que se pretendía.

Se seleccionaron diferentes tipos de equipos como lo son:

- Equipos de corte
- Equipos de ataque químico y tinas de lavado
- Equipos de barrenado
- Equipos de preformado e inserción
- Equipos de soldadura
- Equipos de control de calidad

Para el control y aseguramiento de calidad se definió que el control se debería clasificar en dos grupos:

- Control de Calidad del Circuito Impreso
- Control de Calidad del Circuito Electrónico

Además que el control se deberá hacer a través de un método estadístico y además de ello se podrán hacer pruebas automáticas dado que el tiempo de proceso se reduce.

ANEXO 1

TEMPERATURA DE ALMACENAJE Y SOLDADO

COMPONENTE ELECTRONICO	TEMPERATURA ALMACEN	TEMPERATURA SOLDADO
Circuitos Integrados Lineales	-55°C @ 150°C	300°C @ 10s
Circuitos Integrados CMOS	-65°C @ 140°C	300°C @ 10s
Circuitos Integrados TTL	-65°C @ 150°C	330°C @ 10s
Displays	-40°C @ 85°C	260°C @ 5s
Diodos Emisores de Luz (LEDS)	-40°C @ 100°C	230°C @ 5s
Resistencias de Carbón	-55°C @ 155°C	400°C @ 10s
Resistencias de Película Metálica	-55°C @ 165°C	320°C @ 10s
Transistores Baja Potencia	-40°C @ 85°C	230°C @ 5s
Transistores Potencia Media	-40°C @ 100°C	230°C @ 5s

ANEXO 2

REQUERIMIENTO DE ESPACIO

ALMACEN

Area de compuestos químicos	40 m2
Area de componentes electrónicos	16 m2
Area de laminado	10 m2
Area de herramientas	12 m2
Area de oficina	16 m2
Area de empaques	20 m2
Area de producto final	30 m2
Area de pasillos	23 m2
Area Total	170 m2

AREA DE CORTE

Area de equipo	3 m2
Area de operación	4 m2
Area de pasillo	6 m2
Area de almacén temporal	3 m2
Area Total	16 m2

AREA DE IMPRESION

Area de equipo	6 m2
Area de mesas de trabajo	7 m2
Area de tinas de fotograbado	7 m2
Area de operación	12 m2
Area de pasillo	12 m2
Area de almacén temporal	4 m2
Area Total	48 m2

AREA DE ATAQUE QUIMICO

Area de equipo	12 m2
Area de compuestos químicos	8 m2
Area de operación	6 m2
Area de pasillos	6 m2
Area de almacén temporal	4 m2
Area de expansión	12 m2
Area Total	48 m2

AREA DE LAVADO Y SECADO

Area de equipo	14 m2
Area de operación	10 m2
Area de pasillos	8 m2
Area de almacén temporal	8 m2
Area total	40 m2

AREA DE BARRENADO

Area de equipo	5 m2
Area de operación	4 m2
Area de pasillos	6 m2
Area de almacén temporal	8 m2
Area de expansión	33 m2
Area total	56 m2

AREA DE LINEA DE ENSAMBLE

Area de equipo	14 m2
Area de estaciones de trabajo	22 m2
Area de banda transportadora	18 m2
Area de operación	20 m2
Area de pasillos	18 m2
Area de almacén temporal	8 m2
Area de expansión	100 m2
Area total	200 m2

AREA DE CALIBRACION E INSPECCION

Area de mesas de trabajo	10 m2
Area de equipo	4 m2
Area de operación	16 m2
Area de pasillos	10 m2
Area total	40 m2

AREA DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE

Area de mesas de trabajo	12 m2
Area de equipo	4 m2
Area de empaques almacén temporal	6 m2
Area de operación	10 m2
Area de pasillos	8 m2
Area total	40 m2

AREA DE OFICINAS

Area de oficinas	40 m2
Area de proceso de pedidos	20 m2
Area de contabilidad y finanzas	50 m2
Area de baños	10 m2
Area total	<u>120 m2</u>

AREA DE BAÑOS

Area de regaderas	12 m2
Area de lockers	20 m2
Area de pasillos	16 m2
Area total	48 m2

AREA DE ESTACIONAMIENTO

Area común	31 m2
Area de caseta	9 m2
Area de estacionamiento	70 m2
Area total	48 m2

AREA DE TALLER MECANICO

Area de mesas de trabajo	4 m2
Area de equipo	17 m2
Area de operación	15 m2
Area de pasillos	15 m2
Area total	51 m2

El área total requerida para la planta productiva será la suma de todas las áreas, dando un total de 1000 m2.

ANEXO 3

FORMULAS UTILIZADAS EN EL ANALISIS FINANCIERO

$$A \text{ equipo} = I.I. (A/P, i, n) + I.I. - V.R. (P/F, i, n) (A/P, i, n) + \\ V.R. (A/F, i, n) \dots\dots\dots (9)$$

Donde I.I. Inversión Inicial

V.R. Valor de Rescate

(A/P, i, n) Anualidad dado un presente

(A/F, i, n) Anualidad dado un futuro

(P/F, i, n) Presente dado un futuro

i Tasa de interés

n Periodos

ANEXO 4

Coeficiente de amplitud d

Número de observaciones	Coeficiente	Número de observaciones	Coeficiente
n	d	n	d
2	0.8862	14	0.2935
3	0.5908	15	0.2880
4	0.4857	16	0.2831
5	0.4299	17	0.2787
6	0.3945	18	0.2747
7	0.3698	19	0.2711
8	0.3512	20	0.2677
9	0.3367	24	0.2567
10	0.3249	50	0.2223
11	0.3152	100	0.1994
12	0.3069	1000	0.1543
13	0.2998		

Esta tabla proporciona los valores de d en la ecuación $s = Rd$ para el caso de la estimación de la desviación estándar respecto de la amplitud media R . Este método de estimación de s solo es válido cuando la variable que se considera está distribuida de manera aproximadamente normal.

ANEXO 5

Límites de diagrama de control para la media

El factor A_2 corresponde al 95% de probabilidad ($z = 1.96$)

El factor A_3 corresponde al 99.9% de probabilidad ($z = 3.09$)

Tamaño de la muestra	Factor de advertencia A_2
2	1.229
3	0.668
4	0.476
5	0.377
6	0.316
7	0.274
8	0.244
9	0.220
10	0.202
11	0.186
12	0.174

Para obtener los límites para un tamaño muestral dado n , multiplique la amplitud media R por el valor apropiado de A_2 y A_3 , posteriormente sume y reste de la media \bar{x} .

ANEXO 6

Límites de diagrama de control para la media

El factor A_n corresponde al 95% de probabilidad ($z = 1.96$)

El factor A_c corresponde al 99.83% de probabilidad ($z = 3.09$)

Tamaño de la muestra	Factor de advertencia A_c
2	1.937
3	1.054
4	0.750
5	0.594
6	0.498
7	0.432
8	0.384
9	0.347
10	0.317
11	0.294
12	0.274

Para obtener los límites para un tamaño muestral dado n , multiplique la amplitud media R por el valor apropiado de A_n y A_c , posteriormente sume y reste de la media \bar{x} .

APENDICE 1

MODELO DE REGRESION LINEAL

Ecuaciones Normales

$$a = \frac{\sum x^2 y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots (10)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots (11)$$

$$y = a + bx \dots\dots\dots (12)$$

APENDICE 2

ANALISIS DE FACTOR DE SALARIO REAL Y COSTO DE MANO DE OBRA POR MORA

DÍAS NO LABORALES AL AÑO	81.17	
	MÍNIMO	RESTO
DÍAS PAGADOS AL AÑO	381.75	381.75
CUOTA IMSS PARA EL MÍNIMO	10.69%	75.16
CUOTA IMSS PARA EL RESTO	15.94%	60.84
EDUCACION	1.00%	3.82
GUARDERIA	1.00%	3.82
		<hr/>
DÍAS PAGADOS AL AÑO	464.54	450.23
FACTOR DE SALARIO REAL	1.635	1.585

CATEGORIA	FACTOR	SALARIO BASE	SALARIO REAL
SUPERVISOR	1.585	\$17.39	\$27.56
SOLDADOR TECNICO	1.585	\$11.59	\$18.37
SOLDADOR	1.635	\$4.16	\$6.80

CUADRILLA DE EQUIPO DE SOLDADURA

	CANTIDAD	SALARIO REAL	IMPORTE
SUPERVISOR	1	\$27.56	\$27.56
SOLDADOR TECNICO	3	\$18.37	\$55.11
SOLDADOR	6	\$6.80	\$40.82

80 TOTAL \$123.48

COSTO M.O. POR NR. \$1.54

BIBLIOGRAFIA

- 1 ACHESON J. DUNCAN
QUALITY CONTROL AND INDUSTRIAL STATISTICS
JOHN WILEY & SONS, INC.
1965
- 2 BORNEMAN JOHN D.
POPULAR ELECTRONICS
MC-GRAW HILL
SEPTIEMBRE 1981
Successful Soldering
- 3 COOMS CLYDE F. JR
PRINTED CIRCUITS HANDBOOK
PRENTICE HALL, Segunda Edición
1978
- 4 COSS BU RAUL
ANALISIS Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION
LIMUSA
1985 Cuarta Reimpresión
- 5 FRANCIS RICHARD L.
WHITE JOHN A.
FACILITY LAYOUT AND LOCATION
An Analytical Approach
Prentice Hall
1984
- 6 KASANAS H.C.
PROCESOS DE MANUFACTURA
MC-GRAW HILL
Enero 1983

Moldeado por inyección
Principios de corte de materiales
Tecnología de los procesos de unión
Soldadura con herramientas calientes
Tecnología del ensamble de partes manufacturadas
Introducción a la producción en serie y la
Automatización
- 7 NIEBEL BENJAMIN W.
INGENIERIA INDUSTRIAL
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A.
1980 Segunda Edición
Diagrama de curso de proceso

- 8 WHITEHOUSE GARY E.
SOFTWARE FOR ENGINEERS AND MANAGERS
A COLLECTION
INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT PRESS
1984

A microcomputer program to assist plant layout
Detecting shifts in mean value for quality control

Suresh Khator and Colin Moodie
Peter Rob and Elias r. Callahan , Jr.

- 9 WHITEHOUSE GARY E. AND LORENZ NANCY
INDUSTRIAL ENGINEERING
INDUSTRIAL ENGINEERING MAGAZINE
Abril 1985

Program Performs Test for Quality in Production Process

CONTENIDO

CAPITULO 1

1	INTRODUCCION	1
1.1	OBJETIVO	1
1.2	ALCANCE	2
1.3	ANTECEDENTES	2
1.4	DESCRIPCION DE LA PLANTA PRODUCTIVA	5
1.4.1	MATERIA PRIMA	8
1.4.2	ENSAMBLE DE PARTES	8
1.4.3	CALIBRACION E INSPECCION	9

CAPITULO 2

2	LOCALIZACION DE PLANTA	10
2.1	MACROLOCALIZACION	11
2.1.1	MERCADO	11
2.1.2	MATERIA PRIMA	17
2.2	METODO DE LOS CENTROIDES	18
2.3	PONDERACION DE FACTORES	18
2.4	CONCLUSION	22

CAPITULO 3

3	DIAGRAMA DE PROCESO (MATERIAL Y PROCESOS)	23
3.1	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	23
3.2	PROCESO DE CIRCUITO IMPRESO	26
3.2.1	MATERIAL BASE	26
3.2.2	FABRICACION	27
3.2.3	CIRCUITO DOBLE CARA	29
3.2.4	BARRENADO	30
3.2.5	LAVADO	31
3.3	PROCESO DE SOLDADURA	32
3.3.1	ALEACIONES DEL MATERIAL DE APORTE Y FLUJO	32
3.3.2	EQUIPO	34
3.3.3	TECNICAS DE SOLDADURA	36
3.4	TRATAMIENTO DE COMPONENTES	37
3.4.1	PREFORMADO DE TERMINALES	37
3.5	PROCEDIMIENTO	38
3.6	CONCLUSION	39

CAPITULO 4

4	SELECCION DE EQUIPO	41
4.1	EQUIPOS DE CORTE	42
4.2	EQUIPO DE ATAQUE QUIMICO Y SECADO	46
4.3	EQUIPO DE BARRENADO	47
4.4	EQUIPO DE SOLDADURA	50
4.4.1	INSERCIÓN DE COMPONENTES	51
4.4.2	TRASLADO DE TARGETAS	54
4.4.3	MANO DE OBRA	56
4.4.4	SOLDADURA POR OLA	57
4.4.5	SOLDADURA MANUAL	58
4.4.6	RESUMEN PROCESO AUTOMATIZADO	58
4.4.7	RESUMEN PROCESO MANUAL	60
4.4.8	CONCLUSION PARA EL PROCESO DE SOLDADURA	60
4.5	EQUIPO DE CONTROL DE CALIDAD	62
4.6	CONCLUSION	67

CAPITULO 5

5	DISTRIBUCION DE PLANTA	69
5.1	DISTRIBUCION DE PLANTA POR COMPUTADORA	70
5.1.1	CARTA DE RELACION DE ACTIVIDADES	71
5.1.2	REQUERIMIENTO DE ESPACIO	73
5.1.3	FLUJO DEL MATERIAL	74
5.2	DESARROLLO DE LA DISTRIBUCION POR COMPUTADORA	77
5.3	CONCLUSION	78

CAPITULO 6

6	CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	82
6.1	CONTROL DE CALIDAD EN EL CIRCUITO IMPRESO	82
6.1.1	MUESTRAS PARA EL METODO ESTADISTICO	84
6.1.2	LIMITES DE CONTROL	85
6.1.3	LIMITES DE ADVERTENCIA Y DE ACCION	87
6.1.4	DIAGRAMA DE LA MEDIA	88
6.2	CONTROL DE CALIDAD EN COMPONENTES ELECTRONICOS	90
6.2.1	PRUEBAS DE CALIBRACION	90
6.2.2	PRUEBAS EN CONDICIONES EXTREMAS	91
6.3	CONTROL DE CALIDAD AUTOMATIZADO	91
6.4	CONCLUSION	93

CAPITULO 7

7	CONCLUSIONES GENERALES	94
---	------------------------	----

ANEXOS

ANEXO 1	TEMPERATURA DE ALMACENAJE Y SOLDADO	97
ANEXO 2	REQUERIMIENTO DE ESPACIO	98
ANEXO 3	FORMULAS ANALISIS FINANCIERO	101
ANEXO 4	COEFICIENTE DE AMPLITUD D	102
ANEXO 5	LIMITES DE DIAGRAMA DE CONTROL PARA LA MEDIA (Aa)	103
ANEXO 6	LIMITES DE DIAGRAMA DE CONTROL PARA LA MEDIA (Ac)	104

APENDICES

APENDICE 1	MODELO DE REGRESION LINEAL	105
APENDICE 2	ANALISIS DE FACTOR DE SALARIO REAL	106

BIBLIOGRAFIA		107
--------------	--	-----