



881217  
2017

UNIVERSIDAD ANAHUAC

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE  
UN SISTEMA INERTIZADO PARA ESTAÑAR  
COMPONENTES ELECTRONICOS.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA DE SISTEMAS ELECTRICOS Y  
ELECTRONICOS

PRESENTA EL ALUMNO:  
GABRIEL RICARDO TORNELL HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

1991.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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.

## INDICE

I. INTRODUCCION.....	1-5
1.1 PROLOGO.....	1
1.2 OBJETIVO.....	3
1.3 JUSTIFICACION.....	4
1.4 METODOLOGIA.....	4
1.5 ALCANCE.....	5
II. ASPECTOS TECNICOS.....	5-75
2.1 ALGUNAS APLICACIONES DE LOS GASES EN LA INDUSTRIA ELECTRONICA.....	6
2.2 TEORIA DE LOS GASES.....	8
2.2.1 COMPORTAMIENTO DE LOS GASES.....	8
2.2.2 LEYES DEL ESTADO GASEOSO.....	11
2.2.3 COMPOSICION DEL AIRE.....	12
2.2.4 LOS GASES INERTES.....	14
2.2.5 ELECCION DEL GAS A UTILIZAR.....	14
2.3 METODOS DE OBTENCION DEL NITROGENO.....	19
2.3.1 PRODUCCION DE NITROGENO MEDIANTE EL USO DE MEMBRANAS.....	19
2.3.2 PRODUCCION DE NITROGENO MEDIANTE PSA.....	27
2.3.3 PLANTAS CRIOGENICAS.....	29
2.3.4 COMPARACION ENTRE SISTEMAS.....	35
2.4 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ESTANADO TRADICIONAL.....	37
2.4.1 GENERALES.....	37
2.4.2 CONCEPTOS BASICOS:.....	39
2.4.2.1 FLUIDEZ.....	39
2.4.2.2 SOLDABILIDAD.....	40
2.4.2.3 ESCORIA.....	44
2.4.2.4 PICOS Y/O BANDERAS.....	45
2.4.2.4.1 LEY DE COULOMB.....	46
2.4.2.4.2 INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO (E).....	47
2.4.2.4.3 CONDUCTORES, DIELECTRICOS Y SEMICONDUCTORES.....	48
2.4.2.4.4 DENSIDAD DE FLUJO ELECTRICO.....	49
2.4.2.4.5 LEY DE GAUSS.....	50
2.4.2.4.6 TRABAJO ELECTRICO.....	51
2.4.2.4.7 DIFERENCIA DE POTENCIAL.....	52
2.4.2.4.8 CONDICIONES DE FRONTERA.....	53
2.4.2.4.9 EFECTO DE PUNTAS.....	55

2.4.3	TIPOS DE SOLDADURAS: USOS Y CARACTERISTICAS.....	58
2.4.4	TIPOS DE FUNDENTES: USOS Y CARACTERISTICAS.....	59
2.5	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ESTANADO PROPUESTO.....	61
2.5.1	GENERALES.....	61
2.5.2	DISEÑO DEL SISTEMA.....	63
2.5.2.1	DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	63
2.5.2.2	MATERIAL A UTILIZAR.....	69
2.5.2.3	METODO DE INYECCION DEL GAS.....	70
2.5.2.4	COSTO DE FABRICACION.....	73
2.5.3	SEGURIDAD.....	73
2.5.3.1	EFFECTOS DEL OXIGENO SEGUN SU CONCENTRACION EN EL SER HUMANO.....	74
2.5.3.2	METODO DE MEDICION DEL NIVEL DE OXIGENO....	74
2.5.3.3	SEGURIDAD OPERATIVA DEL SISTEMA: RIESGOS DE ASFIXIA Y DE EXPLOSION.....	75
III.	ESTUDIO DE COSTOS OPERATIVOS ENTRE AMBOS PROCESOS: UN CASO TEORICO.....	79-80
IV.	MERCADO POTENCIAL PARA ESTE PROCESO EN MEXICO.....	81-88
4.1	SITUACION DEL PRODUCTO EN EL MERCADO.....	81
4.2	DESCRIPCION FISICA DEL PRODUCTO.....	81
4.3	COMPETENCIA.....	81
4.4	INVESTIGACION DEL MERCADO.....	82
4.4.1	PLANTEAMIENTO DE LA SITUACION.....	82
4.4.2	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION.....	82
4.4.3	DESARROLLO Y APLICACION DEL PROCESO DE INVESTIGACION.....	83
4.4.3.1	HIPOTESIS.....	83
4.4.3.2	DELIMITACION DEL UNIVERSO.....	83
4.4.3.3	DEFINICION DE LA MUESTRA.....	83
4.4.3.4	JUSTIFICACION DE LA MUESTRA.....	84
4.4.3.5	JUSTIFICACION DEL METODO DE INVESTIGACION..	84
4.4.3.6	ENCUESTA.....	85
4.4.3.7	RESULTADOS.....	86
4.4.3.8	CONCLUSIONES.....	87
4.4.3.9	RECOMENDACIONES.....	88
V.	RESULTADOS OBTENIDOS A LA FECHA.....	90-117
5.1	PRIMERA PRUEBA (ENERO DE 1989).....	90
5.2	SEGUNDA PRUEBA (MARZO DE 1989).....	95
5.3	TERCERA PRUEBA (JULIO Y AGOSTO DE 1989).....	99

VI. CONCLUSIONES.....	118
AFENDICE A.....	119
AFENDICE B.....	123
AFENDICE C.....	126
VII. BIBLIOGRAFIA.....	127

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 PROLOGO

Como es sabido, la presencia de oxígeno en la atmosfera, en la cual se realizan ciertos procesos, es perjudicial para obtener los resultados requeridos y así cumplir con los estándares de calidad, por ejemplo:

- Tratamiento térmico en piezas metálicas, como son: recocido, sinterizado, carburizado, carbonitrurado, etc.
- Durante etapas de deposición en la fabricación de circuitos integrados.
- En el almacenamiento de ciertos materiales como algunos productos químicos y productos en la industria electrónica.

y muchos más.

Uno de los procesos en la industria electrónica que es muy importante, pero que muchas veces no es tomado en cuenta, es el estañado de las terminales de los componentes a ensamblar, ya que de esto depende una buena soldadura entre el mismo componente y la tarjeta de circuito impreso y por lo tanto el funcionamiento correcto de todo el circuito electrónico.

Otro proceso que es muy parecido al del estañado de componentes es el de la soldadura de los mismos a la tarjeta de circuito impreso, pero a éste si se le ha dado importancia a través del tiempo. Utilizándose para llevarlo a cabo maquinarias de soldadura por ola, por inmersión manual o automática, con cautín, etc.

Dentro de estos procesos existen ciertas variables, como son:

- Tiempo de fabricación de la tarjeta
- Material de la terminal del componente
- Tiempo de fabricación del componente
- Tipo de soldadura
- Tipo de fundente
- Soldabilidad de la tarjeta y el componente, etc.

Dentro de estas variables, existe una que nunca se había tomado en cuenta ya que no parecía influir en el proceso. Esta variable es la composición de la atmosfera en la que se realiza, tanto el estañado de las terminales de los componentes como la unión de los mismos a la tarjeta de circuito impreso por medio de la soldadura.

Se ha comprobado que en los procesos de estañado y soldadura la presencia de oxígeno también afecta en los resultados finales.

Es por esto, que he decidido hacer el diseño de un sistema de inertizado, en el cual se desplace el oxígeno presente en la atmósfera que rodee el dispositivo sobre el cual se está llevando a cabo este proceso.

De esta manera, se evitan muchas de las causas que provocan que el material producido sea rechazado o por lo menos regresado a la línea de producción para su retrabajo.

Durante el desarrollo de esta investigación se tocarán los siguientes temas:

#### CAPITULO I. INTRODUCCION

En este capítulo se da una breve introducción para que el lector se dé una idea rápida de en que consiste este trabajo, así como se dan las razones por las cuales este trabajo es que se penso desarrollar y como es que se logrará llegar al objetivo final hasta el alcance que pueda llegar a tener en un futuro.

#### CAPITULO II. ASPECTOS TECNICOS.

Aquí se da como introducción al capítulo una breve descripción de algunas aplicaciones que existen de los gases en la industria electrónica, ya que para la mayoría de la gente muchas de estas son desconocidas.

En seguida se describe en que consiste y porqué es importante el proceso del estañado de las terminales de los componentes tanto del sistema tradicional como del sistema propuesto y como es que se seleccionó el gas para la aplicación.

Ya una vez seleccionado el gas se describen algunos de los procesos de obtención del mismo.

#### CAPITULO III. ESTUDIO DE COSTOS OPERATIVOS ENTRE AMBOS PROCESOS

En este capítulo se hace la comparación de ambos procesos, para ver hasta donde es justificable la implantación del sistema propuesto.

#### CAPITULO IV. MERCADO POTENCIAL PARA ESTE PROCESO EN MEXICO

En este capítulo se analiza que tanto potencial existe para implantar este proceso en México y si es que es justificable la investigación a realizar.

#### CAPITULO V. RESULTADOS OBTENIDOS A LA FECHA

Aquí se expondrán los datos y cifras que se han obtenido al realizar las primeras pruebas con este sistema.

Y finalmente están los capítulos que contienen las conclusiones a las que se ha llegado al desarrollar este trabajo y la bibliografía de la que se requirió.

## 1.2 OBJETIVO

Como se dijo en la sección anterior la presencia de oxígeno en los procesos de estañado y soldadura, causan una serie de problemas (los cuales se discutirán en el capítulo de aspectos técnicos) por lo que se diseñará y construirá un dispositivo con el cual se pueda remover el oxígeno presente en la atmosfera, la cual rodea el ambiente en el cual se está realizando esta operación.

Esto se intentará lograr mediante el uso de otro gas, el cual desplazará el oxígeno existente, logrando con esto que el nivel del mismo llegue por debajo de 5 %.

Al alcanzar los niveles de oxígeno antes mencionados se lograrán algunos beneficios los cuales repercutirán en ahorros tanto económicos como operativos. Y de estos ahorros dependerá la rentabilidad de la operación del sistema y por lo tanto su implantación.

Concluyendo, los objetivos de este trabajo se nombran a continuación:

- a) Lograr construir un dispositivo que mediante la inyección de un gas, alcance a reducir el nivel de oxígeno a un nivel por debajo de 5 %.
- b) Una vez que el nivel deseado de oxígeno sea alcanzado, lograr en realidad todos los beneficios que se esperan alcanzar.
- c) Encontrar la forma de justificar tanto técnica como económicamente la implantación de un sistema en una línea de producción real.
- d) Finalmente implantar físicamente el sistema de inyección diseñado en una línea de producción.



### 1.3 JUSTIFICACION

En el transcurso de mi desarrollo profesional he tenido la oportunidad de trabajar en una empresa de ensamble de tarjetas de circuito impreso y actualmente en una empresa productora y comercializadora de gases industriales (argón, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc.)

Durante mi estancia en la primera, al ser encargado de la sección de soldadura, me pude dar cuenta de lo importante de esta operación, y de todos los problemas que una mala unión de soldadura puede llegar a causar, los cuales pueden ser causados por muchas diferentes razones, pero nunca se pensó (ni remotamente) que algunos de estos problemas fuera causado por la composición de la atmósfera que rodeaba el lugar donde se llevaba a cabo la operación.

En cambio, si se sabía que algunos problemas eran causados por componentes y/o tarjetas viejos, con poca soldabilidad, etc. los cuales eran en la mayoría de los casos de importación y por lo mismo no podían ser devueltos a su país de origen una vez que se presentaba el problema. Esto aunado a que en las empresas ensambladoras, a los componentes electrónicos y a las tarjetas muy pocas veces se les hacen pruebas de recibo y control de calidad, para posteriormente ser pasadas al almacén.

Ahora bien, suponiendo que se les hiciera esta prueba y fueran aprobados por control de calidad, pasarán posteriormente a los almacenes los cuales no tienen la calidad de atmósfera idónea para mantener en óptimas condiciones estos materiales, ya que casi siempre son bastante húmedos y sucios, causando esto que se deterioren sus propiedades y provocar problemas en el proceso de soldadura.

Lo ideal sería que estos materiales fueran almacenados en gabinetes herméticos con una atmósfera libre de oxígeno para evitar su deterioro a través del tiempo.

Es por esto, que siendo este un problema real, se ha escogido este tema para tratar de darle una solución a una serie de fallas, las cuales son causadas por la simple presencia de oxígeno en la atmósfera, además como se dijo anteriormente; muchas veces la materia prima no está en óptimas condiciones.

### 1.4 METODOLOGIA

Ya que el tema principal de este trabajo es el diseño y en si la implantación del sistema de inertizado así como realizar las pruebas necesarias para dejar el sistema trabajando en las mejores condiciones, no se profundizará mucho en los temas teóricos como: métodos de obtención del nitrógeno, los gases inertes, elección del gas, etc. Por lo que únicamente se consultaran manuales y libros básicos de química en estos temas.

Por otro lado, si se profundizará en los temas más directamente relacionados con el tema de la tesis como: descripción de los procesos de estañado, estudio económico entre ambos procesos y el mercado potencial en México.

Para esto se describirán paso a paso el proceso de estañado, así como los diferentes tipos de fundentes y soldaduras existentes; y en base a la experiencia obtenida es que se harán los estudios económicos de la aplicación y se verá el potencial de la aplicación.

## 1.5 ALCANCE

Lo que se persigue al hacer este trabajo es que finalmente se logre implantar en una empresa que lo dé a conocer prácticamente en México, ya que durante la experiencia acumulada en la comercialización de nuevas tecnologías en México, se ha podido observar que la mayoría de las empresas en las que se trata de iniciar y/o cambiar un proceso con técnicas muchas veces desconocidas para la gente, ésta se muestra muy recelosa y desconfiada, y así es como surge la pregunta:

¿Porqué debo de ser el primero en probar algo e invertir dinero si tal vez no resulta ni técnica ni económicamente ?

Es esta la razón por la cual, el alcance principal de este trabajo es implantar el sistema en una empresa, la cual sirva como ejemplo, para poder de esta forma llegar al mercado potencial con datos y pruebas reales, las cuales hallan sido realizadas en México y así se muestren más abiertos a la introducción de esta nueva tecnología en sus procesos de estañado de componentes electrónicos.

## II. ASPECTOS TECNICOS

### 2.1 ALGUNAS APLICACIONES DE LOS GASES EN LA INDUSTRIA ELECTRONICA

Dentro de todo el amplio ramo de industrias en las que existe alguna aplicacion para los gases industriales, como son:

- Metal-mecánica
- Farmaceutica
- Petroquímica
- Química
- Fundición
- Alimenticia, etc.

La industria electronica es una de ellas, en la que existen muchas y muy variadas aplicaciones de los gases y dependiendo de su uso es el nivel de pureza requerida, que en algunas ocasiones llega a ser mas alto que en cualquier otro tipo de aplicacion, por dar algún ejemplo en la fabricacion de microcircuitos se utilizan para:

GAS APLICACION

#### NITROGENO

- Como gas de acarreo
- En trampas frías
- Para promover una atmosfera inerte en los tubos de difusion donde las obleas de silicio son procesadas a muy altas temperaturas.\*
- Para mantener los tubos de los hornos secos
- En pruebas de choque térmico (en su fase líquida)

#### OXIGENO

- En flujos controlados para proveer capas de óxido especificas en la manufactura de los circuitos integrados.

#### HIDROGENO

- Como gas de acarreo para impurificantes en el proceso de depósito de vapores químicos.
- Como agente reductor en hornos y reactores.

#### ARGON

- Para el crecimiento del cristal de silicio
- Para proveer una atmosfera inerte en los tubos de difusion donde las obleas de silicio son procesadas a muy altas temperaturas.

#### HELIO

- Utilizado en el pasado para el crecimiento del cristal. \*\*

\* Se sabe que a esas temperaturas (superiores a 1,100 °C), el nitrógeno forma nitruros que impiden una uniformidad en la formación de la capa de óxido sobre la oblea, razón por la cual se prefiere utilizar argón.

- Para verificar hermeticidad de algunos dispositivos.

Ademas de estos gases, se utilizan otros pero en menor cantidad, como impurificantes o "dopantes" como son: silano, diclorosilano, oxido nitroso, arsina, fosfina, diborano, nitruro de boro, pentacloruro de fosforo, pentacloruro de arsenico, etc.

Como se dijo anteriormente, la pureza de algunos de los gases utilizados es sumamente importante en los procesos en los cuales se hace uso de ellos, algunas veces se requiere de impurezas de menos de 1 ppm. (partes por millon).  $1 \text{ ppm} = 0.0001 = 0.01\%$

Para que quede mas claro, a continuacion se nombran algunos problemas que causan ciertas impurezas en la fabricacion de semiconductores.

GAS	IMPUREZAS	PROBLEMA
NITROGENO	Oxigeno	- Formación no controlada del oxido.
	Humedad	- Problemas de adhesión del fotoresistor sobre la superficie de la oblea.
OXIGENO	Nitrógeno	- A las temperaturas de oxidación de la oblea (1.100 oC) puede formar "islas" de nitruros sobre la superficie de la oblea.
ARGON	Nitrogeno	- No causa problemas en bajas concentraciones.
	Oxigeno	- Formación no controlada de oxidos.
	Humedad	- Igual que en el nitrogeno.
HIDROGENO	Oxigeno	- Posible formación no controlada de oxidos.

\*\* Se dejó de utilizar ya que su costo contra el argón es demasiado alto.

Además de existir aplicaciones en la industria de los semiconductores, también se utilizan para la manufactura de los siguientes dispositivos:

- COMPACT DISC.- - Como atmósfera inerte en la aplicación del fotoresistor a un disco de vidrio pulido (N<sub>2</sub>).
  - En el láser de grabación (Ar).
  - Como atmósfera inerte en el metalizado (N<sub>2</sub>).
  - Como atmósfera inerte en el almacenamiento del policarbonato y todo el proceso hasta la impresión del disco por inyección (N<sub>2</sub>).
- FIBRAS OPTICAS.- - Para el enfriamiento del molde durante la operación de trefilado del vidrio, para aumentar producción (N<sub>2</sub> en fase líquida).
- SELLADO DE METAL - VIDRIO.- Para control del espesor de la capa de óxido (N<sub>2</sub> húmedo).
- CIRCUITOS HIBRIDOS.- En el inertizado de los hornos para el curado de las pastas (N<sub>2</sub> y/o H<sub>2</sub>).

## 2.2 TEORIA DE LOS GASES

### 2.2.1 COMPORTAMIENTO DE LOS GASES

La materia existe en tres estados: líquido, sólido y gaseoso. De estos el más sencillo de estudiar es el gaseoso ya que todas las sustancias que se encuentren en este estado se comportan de forma similar.

A continuación se mencionan y describen algunas de las características generales de los gases:

- EXPANSION.- Los gases no tienen un volumen fijo, se expanden indefinidamente hasta ocupar el volumen total que tienen a su disposición, es decir no tienen una forma definida.
- COMPRESIBILIDAD.- Los gases se pueden comprimir fácilmente hasta una fracción de su volumen original. Es decir que la misma cantidad de un gas puede ser almacenada en contenedores cada vez más pequeños entre más se comprima el gas.

- DIFUSION.- Es la capacidad que tienen los gases de propagarse a través del vacío o incluso de otros gases.

- PRESION.- Es la fuerza por unidad de área que ejerce el gas sobre la pared del recipiente que lo contiene.

Para medir la presión atmosférica se utiliza un barómetro que consta de un tubo de vidrio de aproximadamente 80 cms. de longitud, sellado en uno de sus extremos y lleno con mercurio e invertido sobre un recipiente también lleno de mercurio. La columna de mercurio en el tubo desciende hasta que ejerce la misma presión que la atmósfera alrededor de él. Al cambiar la presión del aire, el nivel de mercurio asciende o desciende, mostrando de esta forma los cambios en la presión atmosférica. La lectura barométrica promedio es de 76 cms. o 760 mm. de mercurio al nivel del mar. Esta presión se conoce como presión estándar y recibe el nombre de una atmósfera y con frecuencia se utiliza como presión de referencia.

En el sistema métrico la presión se mide en pascales (Pa) y es equivalente a la fuerza de un newton sobre metro cuadrado. La presión estándar es igual a 101.325 KPa.

Ahora bien, la presión de un gas puede medirse con un manómetro, el cual se ve en la FIG. 1.

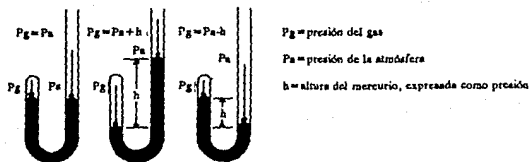


FIG.1 El manómetro

El gas cuya presión se va a medir se introduce a la columna del lado izquierdo del instrumento. La sección curva contiene mercurio y la columna del lado derecho esta abierta a la atmósfera, la presión del gas puede ser igual, mayor o menor que la presión atmosférica.

## 2.2.2 LEYES DEL ESTADO GASEOSO

### I. LEY DE BOYLE

Roberto Boyle fué uno de los primeros científicos que estudió el efecto de la presión sobre el volumen de un gas. Observó que si la presión de un gas se duplica, mientras que su temperatura se mantiene constante; su volumen desciende a la mitad, si la presión se triplica, su volumen se reduce a 1/3 del original. Y esta regularidad se aplica en un amplio rango de cambios de presión.

En si esta ley se enuncia: "A temperatura constante, el volumen de una masa determinada de gas es inversamente proporcional a su presión". (FIG. 2) (1)

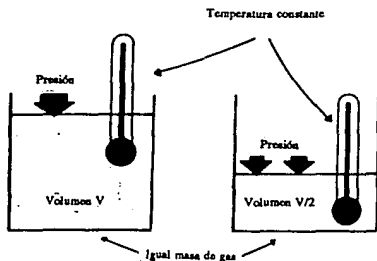


FIG.2 Ley de Boyle

Matemáticamente se expresa como:

$$\text{Presión} \times \text{volumen} = k$$

$$pV = K$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

## II. LEY DE CHARLES

Esta ley establece: "El volumen de un gas es proporcional a la temperatura absoluta a presión constante. Es decir que si la temperatura absoluta de un gas se duplica entonces el volumen se duplica, y viceversa." (FIG. 3) (2)

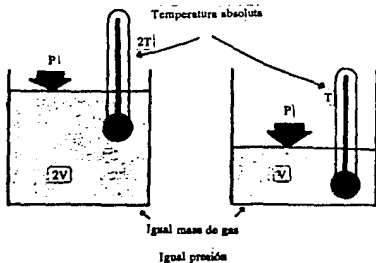


FIG.3 Ley de Charles

Esta ley se expresa con la ecuación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (P = \text{cte})$$

Combinando las leyes de Boyle y Charles se tiene que:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

es decir que el volumen de un gas se puede calcular de esta manera cuando cambian tanto la temperatura como la presión.

A esta ecuación se le conoce como ecuación combinada del estado gaseoso.

Hasta ahora se ha supuesto que estas dos leyes son exactas, pero en realidad lo son casi para la mayoría de los gases, bajo condiciones medias de temperatura y presión. Para presiones altas y temperaturas cercanas al punto de licuefacción se tienen que hacer correcciones especiales.



### III. LEY DE GRAHAM

Quando dos gases se ponen en contacto se mezclan entre si. Este proceso se llama difusión.

Un químico escocés llamado Graham, descubrió que cuanto más ligero es el gas, más rápidamente se difunde. Estudiando este proceso estableció que: "La rapidez de difusión de un gas es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su densidad". (3)

Esta ley en forma matemática se expresa:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}}$$

Los dos gases deben encontrarse bajo las mismas condiciones de temperatura y presión.

#### 2.2.3 COMPOSICION DEL AIRE

Se le llama aire a la capa de gases que envuelve a la tierra y generalmente se refiere a él como atmósfera terrestre.

"Es difícil saber con exactitud que tan extensa es esta capa, ya que sufre muchos cambios desde la superficie terrestre hacia arriba. Sin embargo se dice que la atmósfera cubre hacia arriba aproximadamente 10,000 km. antes de que los gases sean tan escasos que resulte difícil detectarlos.

La atmósfera cambia en composición, densidad y temperatura al aumentar la distancia desde la tierra. Los primeros 15 km de la atmósfera contienen aproximadamente el 90 % de la masa total de aire. Los siguientes 35 km. contienen un 9 % más, así que el 99% de la masa de aire está contenida en los primeros 50 de los 10,000 km." (4)

Obviamente hay un rápido descenso en la densidad al aumentar la distancia desde la tierra. También hay variaciones en la temperatura, en la superficie terrestre se tienen temperaturas desde - 40 oC hasta 40 oC. Al aumentar la distancia desde la superficie de la tierra, la temperatura desciende hasta - 55 oC aproximadamente a 15 km de altura, después aumenta hasta - 10 oC y finalmente desciende de nuevo hasta - 90 oC a 90 km. de altura. Estas variaciones se deben a la densidad del aire y a la capacidad de los gases que lo forman para absorber energía del sol.

3. Madras, Sretton. Op. Cit. P 94

4. Madras, Sretton. Op. Cit. P 75-76

La atmósfera no ha tenido siempre la misma composición que ahora. Hace aproximadamente 4.5 EE 9, años la atmósfera estaba constituida por vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>).

Después de transcurrir aproximadamente 2.5 EE 9 años fue adecuada para que hubiese suficiente oxígeno (O<sub>2</sub>) para que existiese vida animal y vegetal. Y se teme que las actividades humanas cambien nuevamente la composición de la atmósfera hasta hacerla inadecuada para la vida, tal como la conocemos ahora.

De los gases que componen el aire, unos se encuentran siempre en proporción constante y otros no, por presentarse solamente en algunas ocasiones ó en determinados lugares. Los componentes constantes del aire son: nitrógeno (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gases nobles (argón [Ar], neon [Ne], helio [He], kriptón [Kr] y xenón [Xe]) y vapor de agua (entre 0.1 y 3%).

La composición del aire limpio y seco a nivel del mar es:

ELEMENTO	% EN VOLUMEN
Nitrógeno	78.09
Oxígeno	20.94
Argón	0.90
Gases nobles	0.03
Dióxido de carbono	0.0318
Helio	0.00052

Además, en el aire existen siempre pequeñas cantidades de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), monóxido de nitrógeno (NO), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), metano (CH<sub>4</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>). Muchos de estos gases son contaminantes del aire los cuales son producidos por motores de combustión y por la misma combustión de carbón, leña, petróleo, hule, plástico e hidrocarburos en general, así como por el uso de plaguicidas e insecticidas.

Como se puede observar el nitrógeno forma 4/5 partes del aire y es por su abundancia en este medio que la separación del mismo en sus componentes es el método preferido para obtención del nitrógeno en cantidades industriales además de que a la vez se obtiene oxígeno y argón; aunque existen otros métodos para obtenerlo como es:

- la disociación del amoníaco, etc.

## 2.2.4 LOS GASES INERTES

Primeramente debe quedar claro que muchas veces el grupo VIII de la tabla periódica de los elementos erróneamente recibe este nombre o también erróneamente se les llama gases raros, ya que algunos no son inertes y otros no son raros. El nombre que debe aplicárseles es el de gases nobles. Los elementos que forman este grupo son: Helio (He), Neon (Ne), Argon (Ar), Kriptón (Kr), Xenón (Xe) y Radón (Ra).

A este sub-capítulo se le da este nombre porque no solamente los gases del grupo VIII son considerados inertes, también existen el nitrógeno que está incluido en el grupo V y un compuesto que es menos inerte que los otros, este gas es el CO<sub>2</sub>.

A todos los gases anteriormente mencionados se les llama inertes porque es muy difícil que lleguen a reaccionar con algún otro elemento, algunos de ellos lo llegan a hacer pero a condiciones extremas de temperatura y/o presión, como por ejemplo:

El xenón se sabe que se combina con un gas altamente reactivo que es el flúor, para formar XeF<sub>2</sub>, XeF<sub>4</sub>, XeF<sub>6</sub>, así como el kriptón y el radón forman KrF<sub>2</sub>, KrF<sub>4</sub>, RnF<sub>6</sub> y varios más. El nitrógeno llega a reaccionar con algunos metales cuando se somete a altas temperaturas formando nitruros los cuales son compuestos extremadamente duros. El CO<sub>2</sub> aunque es considerado inerte, reacciona con más facilidad que cualquier otro gas, formando ácido carbónico cuando hay mucha humedad y cambiando el pH de muchas soluciones.

Todos los gases inertes presentan las siguientes propiedades: son inodoros, incoloros e insípidos, con excepción del CO<sub>2</sub>.

## 2.2.5 ELECCION DEL GAS A UTILIZAR

Para elegir el gas a utilizar, se evaluaron varios factores que consistieron en lo siguiente:

- Economía.- Tiene que ser un gas barato y que según los volúmenes que se fueran a utilizar no fuera a hacer la aplicación económicamente no factible.

- Suministro.-El gas tiene que ser surtido por un suministro confiable, ya que no se puede correr el riesgo de quedarse sin producto durante las horas de producción en un sistema de funcionamiento continuo y deteriorar así la calidad del producto fabricado.

- Seguridad.- No se puede correr el riesgo de dañar la salud ó el físico de algún operario, así como tampoco el cambiar ó llegar a perjudicar el proceso de estañado. Es por esto que tiene que ser un gas que no sea tóxico, corrosivo, flamable, letal, ni posea alguna condición que llegue a afectar lo anteriormente mencionado.

- Eficacia.- Tiene que ser un gas que realice la función de inertizado del crisol de la mejor manera posible eliminando la mayor cantidad de oxígeno presente en la atmósfera.

- Reactividad.- El gas que se elija tiene que ser lo menos reactivo posible para asegurar que no vamos a afectar los componentes, la soldadura, el fundente, ni ninguna otra variable que intervenga en el proceso.

#### I. ECONOMIA

Según las variables anteriormente mencionadas, una de las más importantes es la económica, ya que si el gas representa un costo muy alto, puede hacer la operación incosteable.

Tomando en cuenta esto, la mayoría de los gases mencionados anteriormente quedan excluidos para llegar a ser utilizados ya que casi todos ellos tienen precios bastante elevados, esto se debe a que su abundancia en la naturaleza es bastante escasa y/o que el proceso con que se obtienen posee costos operativos muy elevados, por lo que el precio del gas se ve afectado de manera bastante considerable.

A continuación se muestra el precio de cada uno de los gases:

Gas	Precio por m <sup>3</sup> (+IVA)
Helio	\$ 68,060.00
Neón	\$ 12'000,000.00
Argón	\$ 15,741.00
Kriptón	\$ 39'000,000.00
Xenón	\$ 150'000,000.00
Radón	No se comercializa
Nitrogeno	\$ 7,250.00
* CO <sub>2</sub>	\$ 6,669.00

\* NOTA.- El CO<sub>2</sub> se vende por Kg. de producto, pero para efectos de comparación de este análisis se hizo la transformación a metros cúbicos de gas equivalentes:

1 Kg. de CO<sub>2</sub> = 0.5058 m<sup>3</sup> de gas.

Analizando estos precios se puede ver claramente que el uso de los siguientes gases no es económicamente factible: Helio, Neón, Argón, Kriptón, Xenón y Radón, ya que para los volúmenes promedio a utilizar hacen la operación incostrable.

No así el nitrógeno y el CO<sub>2</sub> que su precio es bastante razonable, por lo que el análisis de las siguientes variables decidirá cual de los dos es el más conveniente para ser utilizado.

## II. SUMINISTRO

El gas tiene que ser distribuido por un sistema confiable, eficaz y eficiente.

Debido a esto es que solamente el nitrógeno, el argón y el CO<sub>2</sub> son los gases de los cuales se puede hacer uso, ya que existe producción nacional de los tres de ellos, además de que las empresas productoras cuentan con flotillas de camiones, tractores y pipas bastante grandes para el correcto suministro de los productos.

De los otros gases puedo decir que al no existir producción nacional de ninguno de ellos no se puede confiar en su distribución puntual, ya que se dependería de todo un sistema de importación que como ya se sabe en México no es del todo eficiente que desearíamos que fuera.

## III. SEGURIDAD

Respecto a seguridad podemos decir que casi todos ellos ofrecen excelentes argumentos para justificar su utilización en el proyecto ya que todos ellos no son letales, tóxicos, inflamables ni corrosivos, pero todos ellos presentan un pequeño inconveniente, este es que desplazan el oxígeno presente en la atmósfera pudiendo llegar a formar ambientes con concentraciones bajas de éste, corriendo el riesgo de poder provocar asfixia al ser humano.

Respecto a esto se hablará más ampliamente en el subcapítulo 2.5.3

## IV. EFICACIA

Por eficacia se entiende que entre más rápido y mejor se desplace al oxígeno presente en el medio ambiente que cubre el crisol es mejor. Esto se obtiene logrando que el gas permanezca el mayor tiempo posible sobre la soldadura del crisol, es por esto que entre mayor sea la gravedad específica del gas mejor se logrará este efecto.

Pero debemos recordar que todos estos gases pueden llegar a provocar asfixia en el ser humano, por lo que tampoco es muy recomendable que el tiempo de residencia del gas sea muy prolongado en las partes bajas cercanas al crisol por donde pueda haber gente circulando.

En la siguiente tabla se muestran las gravedades específicas de los gases en estudio:

Gas	Gravedad específica (Aire = 1)
Helio	0.13796
Neón	0.6958
Argón	1.38
Kriptón	2.898
Xenón	4.56
Radón	7.65
Nitrógeno	0.9669
CO <sub>2</sub>	1.5289

De esta tabla se ve que el gas más recomendable sería el xenón o bien el kriptón, por su gravedad específica bastante más alta que la del aire, pero hay que recordar que estos gases desplazan al oxígeno por lo que no es conveniente usarlos por seguridad.

Así también, el helio y el neón no son recomendables para ser usados ya que son demasiado ligeros y se escaparían demasiado rápido de la superficie del crisol a inertizar.

Lo óptimo sería utilizar un gas con una gravedad específica parecida a la del aire, esto hace que el nitrógeno, el argón y el CO<sub>2</sub> sean los más adecuados.

#### V. REACTIVIDAD

Respecto a este punto se puede decir que la mayoría de ellos son químicamente inactivos o en su defecto llegan a ser reactivos cuando son sometidos a condiciones extremas de presión y temperatura.

De los gases en estudio los que presentan un poco de más reactividad son el nitrógeno y el CO<sub>2</sub>.

El nitrógeno llega a formar nitruros con algunos materiales cuando se calienta a una temperatura por arriba de 1,100 oC,

estos nitruros son compuestos extremadamente duros que pueden llegar a dañar herramientas durante el proceso para trabajar ciertos metales. cuando se trabaja cerca a estas temperaturas para no correr este riesgo muchas veces se prefiere usar argón o CO2.

El CO2 a veces reacciona con la humedad ya sea del medio ambiente o la que contienen los mismos materiales en si, llegando a formar ácido carbónico y cambia en algunas ocasiones el ph de las soluciones.

## VI. ANALISIS

Analizando las variables anteriormente citadas, se puede observar rápidamente que por varios factores quedan eliminados los siguientes gases: helio, neon, argón, kriptón, xenón y el radón, quedando únicamente el nitrógeno y el CO2 como posibles opciones.

Aparte de la situación económica la variable más importante es la seguridad tanto de operación así como la de los trabajadores que vayan a hacer uso del sistema.

Como se vió anteriormente estos dos gases pueden llegar a causar asfixia en el ser humano, por lo que el CO2 al ser 53 % más pesado que el aire tiende a permanecer en las partes bajas de las habitaciones, mientras que el nitrógeno es ligeramente menos pesado que el aire y por lo tanto su tendencia es a subir por lo que el riesgo de asfixia es menor. (Elección: nitrógeno)

Por lo que respecta al suministro, los dos gases tienen la misma calificación ya que el sistema de distribución es bastante bueno en ambos casos. (Elección: ambos)

En el tema de reactividad se ve que el CO2 podría llegar a reaccionar si se llegasen a presentar las condiciones ideales, mientras que el nitrógeno únicamente podría reaccionar a temperaturas que prácticamente nunca se llegarían a manejar. (Elección: nitrógeno)

En el aspecto económico se observa que el CO2 es más barato que el nitrógeno, pero el margen de diferencia es únicamente de 8.7 % por lo que esta variable no es muy representativa en la evaluación del proyecto. (Elección: CO2)

## VII. ELECCION

Del análisis anterior se puede resumir que los aspectos de seguridad y reactividad están a favor del nitrógeno, el aspecto económico en favor del CO2 y el suministro se comparte entre ambos.

	NITROGENO	CO2	AMBOS
Precio		/	
Seguridad	X		
Suministro			X
Reactividad	X		

La diferencia de precio entre ambos sistemas a favor del CO2, bien la puede absorber el nitrógeno ya que la seguridad es mucho mayor con él y se puede decir que por seguridad bien vale la pena pagar un poco más.

Debido a todos los puntos anteriores, el gas que se utilizará para el proyecto será el NITROGENO.

### 2.3 METODOS DE OBTENCION DEL NITROGENO

#### 2.3.1 PRODUCCION DE NITROGENO MEDIANTE EL USO DE MEMBRANAS

##### INTRODUCCION:

Este es uno de los últimos y más modernos sistemas para obtener nitrógeno por medio de separación del aire con gran eficiencia, confiabilidad y economía.

Los rangos de producción van hasta 30.000 pies cúbicos por hora o más, con presiones de operación de hasta 140 libras por pulgada cuadrada -sin uso de compresores- y purezas que van desde 95 hasta 99.5 %. Para purezas más altas se requiere del uso de una unidad catalítica.

Estos sistemas requieren de muy poco espacio, ya que los principales componentes son: panel de control, ensamble de compresores y la unidad de membranas con una serie de módulos interconectados.

Estos módulos contienen cartuchos con capas de una membrana de fibra hueca, semi-permeable, la cual está estructurada para proveer la mayor superficie posible para separar el aire con la máxima eficiencia.

El funcionamiento del sistema está basado en la permeabilidad de la membrana de la fibra. El aire de entrada es filtrado, comprimido y enfriado antes de llegar a los módulos de separación bajo presión. El oxígeno, el dióxido de carbono y el vapor de



agua se filtran rápidamente a través de la fibra hueca y son venteados a baja presión hacia la atmósfera. El nitrógeno no penetra la membrana de la fibra y fluye automáticamente hacia la tubería de distribución del sistema.

Para asegurar un suministro constante durante paros de planta o picos de demanda, se puede tener un tanque de almacenamiento de nitrógeno gaseoso a una presión de 140 libras o bien un sistema de respaldo a base de nitrógeno líquido almacenado en un tanque con sus respectivos vaporizadores.

Este sistema de membranas no requiere de operadores que vigilen su correcto funcionamiento, ya que se les puede interconstruir un sistema computarizado de telecomunicaciones para monitorear a distancia las variables del sistema.

#### DESCRIPCION DEL PROCESO

En la separación del aire con membranas, el oxígeno penetra a través de la membrana a velocidades más rápidas que el nitrógeno. Esto permite el diseño de ciclos sencillos (FIG. 4) que, fundamentalmente requieren solo un compresor y el ensamble de las membranas; el nitrógeno es retenido y puede ser suministrado a presiones de descarga cercanas a la del compresor. Algo más sofisticado, pero todavía sencillo sería una segunda y hasta tercera etapas en las cuales la descarga de una de ellas es la entrada de la siguiente, a la vez que parte de este producto es reciclado a la entrada de la etapa anterior, aumentando de esta manera la efectividad del sistema. El más utilizado es un sistema de dos etapas en el cual se recicla una corriente a la succión del compresor.

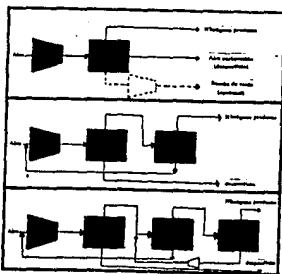


FIG.4 Ciclos de producción del nitrógeno

La efectividad de un sistema de dos etapas depende de las propiedades de las membranas, presión y pureza de la corriente del producto. La ventaja es mayor a purezas más altas (FIG. 5) la cual muestra la potencia requerida por el compresor y el área de membranas para una y dos etapas como función de la pureza.

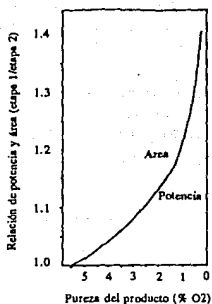


FIG.5 Ventaja de dos etapas vs. pureza

"La FIG. 6 muestra el ciclo empleado en el sistema UCIG. La presión operativa y la temperatura son seleccionadas de un intercambio entre potencia y Área de membranas para lograr un costo mínimo de producción del nitrógeno. Aunque los flujos y composiciones en este caso son para un sistema de primera generación, el ciclo es también típico para las unidades de la segunda generación." (5).

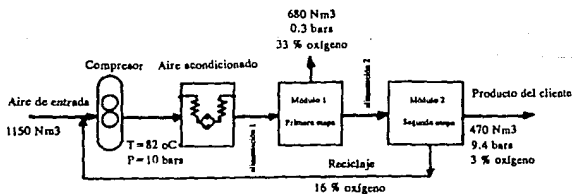


FIG.6 Proceso de separación del aire por membranas

Los elementos básicos son: el compresor, aire acondicionado para remover el calor de la compresión, remover contaminantes y recalentar el gas de entrada al menos sobre el punto de rocío del agua a una temperatura a la cual las propiedades de la membrana en específico son óptimas; y dos etapas de membranas. En este caso, la corriente de reciclo contiene 16 % de oxígeno, que es menos del oxígeno contenido en el aire y por lo tanto, es un mejor gas para producir nitrógeno. Las funciones principales del sistema removedor de contaminantes son prevenir el acarreo de hidrocarburos líquidos (del aceite del compresor) por medio de un sistema de filtrado de dos etapas coalescentes, el cual recupera el 99.999 % de los líquidos, y remover los vapores de hidrocarburos pesados, los cuales pueden ser adsorbidos por los materiales de las membranas y afectar su desempeño. Para este propósito, se utiliza un sistema de mallas moleculares. Una limpieza adecuada de la alimentación asegura un mejor funcionamiento y una vida más larga de las membranas.

#### DISEÑO MECÁNICO DEL SISTEMA DE MEMBRANAS

El sistema de membranas de UCIG está basado en fibras huecas, (FIG.7) en las cuales una capa muy delgada y densa de cierto polímero es depositada sobre un sustrato fibroso y poroso. Típicamente, el flujo del aire pasa por el exterior de las fibras y el oxígeno penetra al interior. El sistema tiene la ventaja de ser rápidamente adaptable para la introducción de polímeros separadores mejorados. Las dimensiones de las fibras (D.I., D.E., y longitud) son seleccionadas tomando en cuenta la optimización considerando la presión de operación, densidad de empaquetado y la caída de presión del lado permeable para lograr un sistema con el costo más bajo posible.



FIG.7 Composición de la fibra hueca

Las fibras son ensambladas en cartuchos que son luego insertados en cilindros para formar módulos (FIG.8). El sistema tendrá tantos módulos como sean requeridos por la aplicación (FIG.9).

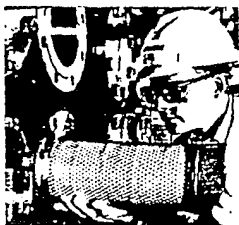


FIG.8 Inserción del cartucho con membranas



FIG.9 Módulos de separación del aire

El sistema mecánico de un sistema de membranas y su empaque puede tener un impacto significativo en la economía, esto es que afecta los límites de capacidad de un sistema completo listo para embarcar, costos de instalación, requerimientos de campo, e instalaciones auxiliares para operar el sistema.

"La FIG. 10 muestra una planta de membranas de tamaño mediano, la cual puede producir hasta 500 m<sup>3</sup> / hr de nitrógeno, dependiendo de la pureza y ocupa una superficie de 3m X 4m." (6)

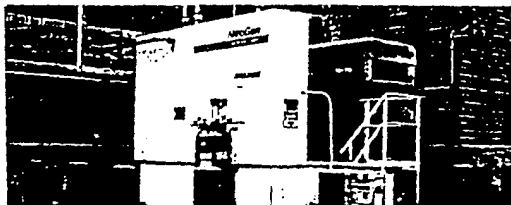


FIG.10 Planta de membranas de baja capacidad

La FIG. 11 muestra un sistema mayor con una superficie de 4m X 12 m y es capaz de producir hasta 1.200 m<sup>3</sup> / hr. Todas las plantas son ensambladas antes de embarcarse y pueden ser instaladas y conectadas en el campo en un solo día.

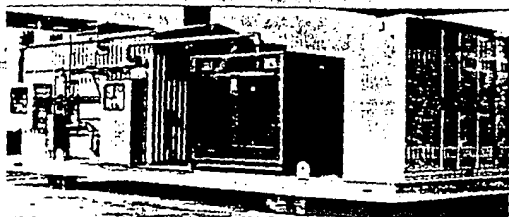


FIG.11 Planta de membranas de capacidad alta

#### CONTROLES

Los controles (FIG. 12) de un sistema de membranas para separar aire cumplen con cinco funciones:

1. Muestrear y mantener la pureza del producto
2. Dar seguridad al equipo para los paros
3. Coordinar la producción de la planta con el uso del producto
4. Permitir el muestreo y operación remotos de la planta
5. Iniciar el control y operación de sistemas de respaldo.

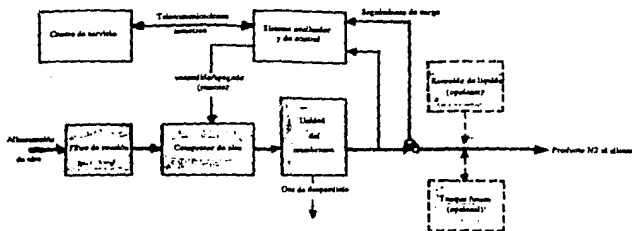


FIG.12 Diagrama de flujo de un sistema típico

Actualmente existen micro-computadoras que permiten el muestreo y operación remota a un técnico desde otra localidad. Además se pueden verificar parámetros operativos del proceso como flujos, presión, temperatura y alarmas operativas del compresor.

### "RASTREO" DE LA CARGA

El sistema "rastreador" desarrollado para estas plantas se puede ver en la FIG. 13. Este consta de tres pasos:

1. Un flujómetro de producto que transmite una señal al controlador de flujo del proceso.
2. Tomando como referencia un punto de ajuste (set-point), el controlador calcula el flujo de aire requerido para lograr la pureza necesaria.
3. El controlador manda una señal al dispositivo controlador de la capacidad del compresor para ajustar la descarga del mismo.

Con este método de control, la producción de la planta puede ser ajustada muy cercanamente al flujo requerido y el consumo de energía es según la FIG. 13. Nótese que la energía consumida es prácticamente constante hasta un 50 % de la capacidad de la planta. A media carga, la energía consumida por la unidad es cerca del 30 % menos que con sistemas convencionales.

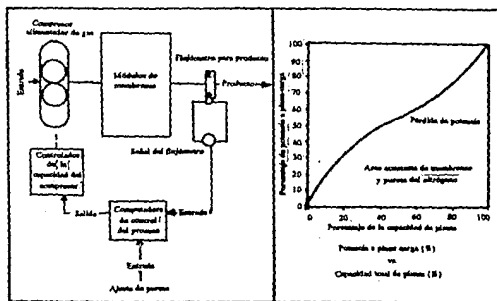


FIG.13 Controles del proceso de seguimiento de la carga

## EXPERIENCIA OPERATIVA

Actualmente existen plantas en operación con capacidades que van desde 30 m<sup>3</sup> / hr hasta 100 m<sup>3</sup> / hr y con purezas desde 5 % de O<sub>2</sub> hasta 5 ppm. Las altas purezas requieren de una unidad de oxigenadora catalítica, en donde las trazas de oxígeno son removidas mediante una reacción con hidrógeno.

Las primeras unidades instaladas han estado en operación por más de 2 años y no se han notado cambios en confiabilidad, pureza ó consumo de energía en ninguna de ellas.

El costo de una planta de membranas no disminuye con el tamaño como en otros sistemas si sucede, ya que esto representa la adición de más etapas de membranas. Es decir que su uso es favorable cuando el consumo de N<sub>2</sub> es moderado. La FIG. 14 muestra la producción de nitrógeno y el área de membranas como función de la pureza del producto. Es evidente que para mayores purezas la producción es menor, lo que significa alta potencia de entrada, y el área requerida de membranas es grande.

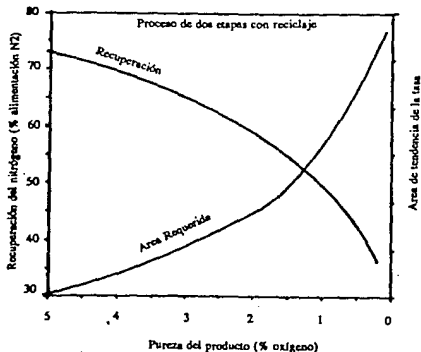


FIG.14 Recuperación de nitrógeno y tendencia de la tasa de área vs. Pureza del producto

De lo anterior se deduce que un sistema de membranas es recomendable cuando la pureza requerida es baja y la producción de nitrógeno es moderada.

### 2.3.2 PRODUCCION DE NITROGENO MEDIANTE PSA (PRESSURE SWING ADSORPTION)

#### INTRODUCCION

Este método de producción de nitrógeno mediante la separación del aire es muy confiable y eficiente.

Dentro de cierto rango de flujos y purezas, el sistema PSA es una opción para producir nitrógeno a bajo costo.

Los rangos de producción van desde 10,000 hasta 50,000 pies cúbicos por hora ó un poco más y las purezas van desde 99.0 hasta 99.7 % ó mayores.

El centro del sistema se basa en tecnología que utiliza materiales adsorbentes contenidos en tanques donde el nitrógeno es separado del aire.

Los principales componentes del sistema PSA son: compresor, panel del control, tuberías, controles automáticos, y un sistema de respaldo de nitrógeno líquido con vaporizadores el cual también sirve para cubrir demandas pico. Todo esto viene montado en "skids" para una rápida y fácil instalación justo a un lado del punto de uso.

En este proceso, los tanques contenedores del adsorbente se ciclan constantemente para proveer un flujo continuo de nitrógeno; mientras uno está purificando nitrógeno el otro está siendo regenerado.

Cuando el aire de alimentación penetra en el tanque con adsorbente, éste selectivamente separa el oxígeno del nitrógeno, el cual se produce a un flujo y presión específicos.

Estos sistemas pueden ser instalados en paralelo, para capacidades mayores.



## DESCRIPCION DEL CICLO

El ciclo de una PSA utiliza aire ambiente, el cual se introduce a unos tanques llenos de un material adsorbente. Este adsorbente tiene la habilidad de selectivamente adsorber nitrógeno mientras permite que las moléculas de oxígeno pasen a través de él cuando se somete a presiones muy elevadas. Cuando se reduce la presión se liberan las moléculas de nitrógeno del adsorbente y esto resulta en que se logra obtener nitrógeno de los tanques. Entonces el adsorbente se reactiva con otra carga de aire para producir otro lote de nitrógeno. Para eficientar al máximo el ciclo, las presiones altas (adsorción) son de unas 5 libras y las presiones bajas (desorción) son en vacío.

Un ciclo con dos camas, es un proceso por lote; esto es, que el nitrógeno es liberado del adsorbente de un golpe en lugar de un flujo continuo. Por lo tanto, es necesario almacenar el nitrógeno producido en un tanque para alimentar este a un compresor, el cual envía el nitrógeno hasta el punto de uso. Una parte del nitrógeno almacenado en el tanque es reciclado hacia las camas de adsorbente como reflujo.

Ya que los niveles de presión tienen que ser superiores a una atmósfera, (5 p sig) así como en vacío (por debajo de una atmósfera, 3.5 psia) se requiere del uso de equipos de compresión.

Existen dos sopladores rotatorios en el sistema:

- a) un soplador alimentador que genera presiones arriba de una atmósfera
- b) Un soplador de vacío que genera presiones abajo de una atmósfera

Además de los dos sopladores, para mover el gas dentro y fuera de los tanques, en partes del ciclo se utiliza la presión diferencial entre tanques.

La trayectoria que sigue el gas en un ciclo de un sistema PSA de dos camas, puede ser caracterizado en diez pasos básicos, como se ve en la FIG. 15. A continuación se describe en que consiste cada uno:

1. Soplado hacia abajo de nitrógeno gas hacia el tanque de almacenamiento, mediante la presión diferencial entre el tanque y la cama.
2. Evacuación del nitrógeno hacia el tanque de almacenamiento usando el soplador de vacío.

3. Continúa la evacuación del nitrógeno el cual es usado para regenerar la otra cama.
4. Continuación del paso tres mientras se introduce una purga de oxígeno por la parte superior del tanque.
5. Se aísla el tanque mientras que el sistema está en espera, (rastreado la carga). Esto ocurre solamente si el producto que requiere el cliente está por debajo del 100 % del flujo diseñado.
6. Se represuriza con un soplo de oxígeno hacia abajo, utilizando la diferencia de presión entre el tanque de almacenamiento de oxígeno (presión alta) y la cama de adsorbente (presión baja).
7. Presurización con un soplo hacia arriba usando aire mediante el soplador alimentador (introduciendo el aire de materia prima para iniciar la adsorción selectiva).
8. Soplo hacia arriba de nitrógeno de reflujo por la parte inferior para mantener la presión de adsorción usando el soplador alimentador mientras se remueve el oxígeno de la parte superior para ser almacenado.
9. Continúa el paso 8 mientras se remueve oxígeno que es utilizado para purgar la otra cama.
10. Se aísla la cama mientras el sistema está en espera (igual paso 5)." (7)

Esto describe los 10 pasos de una cama de adsorbente. Ya que hay dos camas, la otra cama se sujeta a los mismos pasos, excepto que ocurren con 5 pasos de defasamiento; por ejem: mientras la cama B está en el paso 1, la cama A está en el paso 6.

### 2.3.3 CRIOGENICA

#### DESCRIPCION DEL PROCESO

Las plantas de separación de aire mediante el proceso criogénico, tienen el siguiente ciclo:

El aire a presión atmosférica y temperatura ambiente es pasado a través de una caseta de filtración para remover las partículas en suspensión en el aire, lo anterior se lleva a cabo por medio de dos áreas filtrantes en la caseta. La primer área filtrante sirve para remover partículas pequeñas y polvo ligero (5 micras).

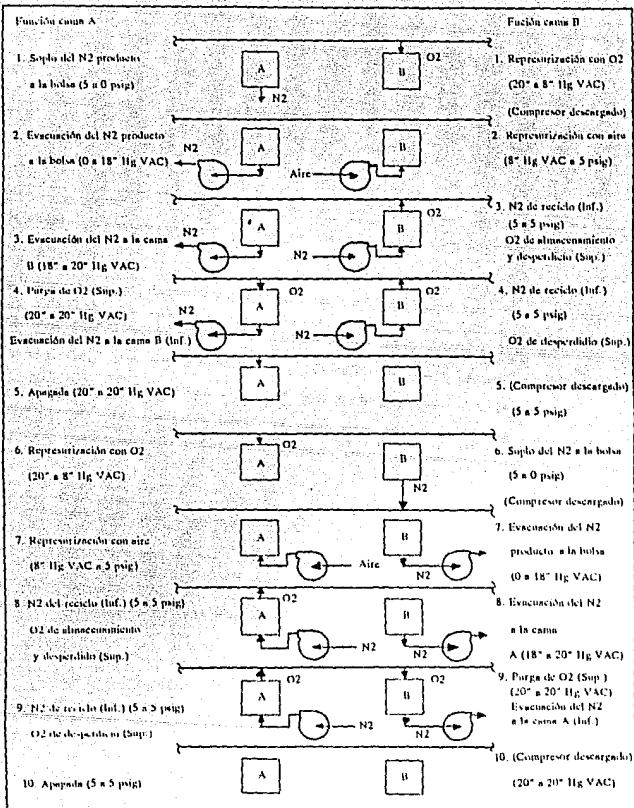


FIG. 15 Diagrama de bloques de un ciclo

Una vez filtrado el aire es pasado a través de dos compresores en serie. El primero de ellos denominado BLAC (Base Load Air Compressor) cuenta con cuatro etapas con sus respectivos intercambiadores de calor donde hay transferencia de temperatura entre (aire y agua); en el BLAC el aire es comprimido desde la presión atmosférica hasta 7.82 atmósferas absolutas.

La segunda unidad de compresión centrífuga llamada BAC, cuenta con dos etapas de compresión y sus respectivos intercambiadores de calor. En esta unidad, el aire es comprimido hasta una presión de 14.62 atmósferas absolutas.

Debido a que el aire ambiente tiene cierto grado de humedad y al presionar dicho aire la humedad se condensa, es necesario eliminar la mayor cantidad de agua posible. Para ello se cuenta con una unidad separadora de humedad (dehumidificador), la cual se encuentra entre las dos unidades de compresión. Esta unidad desaloja un promedio de 567 lbs. de agua por hora.

Una vez eliminada esta cantidad de agua, es pasado el aire a la segunda unidad de compresión. Esta unidad es llamada BAC (Booster Air Compressor) y a su vez cuenta con sus respectivos intercambiadores de calor y dehumidificador.

Una vez que el aire adquiere la presión necesaria para el proceso, el aire se pasa a través de una unidad refrigerante llamada enfriador, donde es enfriado el aire hasta una temperatura promedio de 4.4 oC. Después de enfriarse es pasado a una unidad de separación de agua (dehumidificador) donde es removido un promedio de 182 lbs. de agua por hora.

Debido a que en el aire existen tres clases de contaminantes, los cuales se congelarían a temperaturas criogénicas, tal como la humedad, CO<sub>2</sub>, hidrocarburos, es necesario eliminarlos. Para lograr esto se hace pasar el aire por unidades prepurificadoras con malla molecular en la cual se remueve la totalidad de agua remanente y la mayoría de CO<sub>2</sub> e hidrocarburos pesados. Debido a que es un proceso continuo es necesario tener dos prepurificadores por planta, uno de los cuales está en proceso, mientras el otro está en regeneración.

El aire limpio y seco que sale de los prepurificadores es dividido en cuatro líneas, las cuales pasan por una serie de intercambiadores en paralelo, que son nombrados PHX. Dichos intercambiadores están encerrados en un recipiente cilíndrico, la transferencia de calor es lograda por medio de los productos de las torres de separación o destilación. Dichos productos son nitrógeno y oxígeno gaseoso y líquido. Una vez realizada la transferencia las cuatro líneas se unen para formar dos líneas, las cuales contienen el aire a una temperatura de -142 oC.

Estas dos líneas alimentan a dos turbinas. Dichas turbinas son llamadas superior e inferior debido a que el aire que se expande a través de ellas es alimentado a la columna de separación o destilación superior e inferior respectivamente, el 7 % de aire tratado pasa a través de la turbina inferior saliendo a una temperatura de - 166 oC y el resto a la turbina superior con una temperatura de salida de - 168 oC.

Una vez que el aire ha pasado por las turbinas y ha sido expandido, se hace pasar por dos intercambiadores de calor, uno de ellos es llamado supercalentador de nitrógeno debido a que la transferencia es hecha por medio de nitrógeno producto y el otro supercalentador de oxígeno, el cual utiliza el oxígeno producto. El aire que sale del supercalentador de nitrógeno tiene una temperatura de - 177.5 oC y el del intercambiador de oxígeno una temperatura de -172.9 oC.

Una vez que los flujos han pasado por los respectivos supercalentadores, estos son alimentados a las torres de destilación, donde el aire proveniente de la turbina inferior es alimentado a la columna inferior y el de la turbina superior a la columna superior. En la turbina inferior se produce el nitrógeno líquido, actuando esta columna en su parte superior a una presión de 5.56 ATM, y la parte inferior a una presión de 5.88. El nitrógeno líquido es obtenido a una temperatura de - 176 oC. En la columna superior se produce nitrógeno gas a una temperatura de - 194 oC. El oxígeno gas a una temperatura de - 194 oC y el oxígeno líquido a una temperatura de - 180 oC. la presión en la parte superior de la columna es de 0.29 ATM, y en la parte inferior de 0.67 ATM.

Una vez que se obtienen los productos oxígeno y nitrógeno el gas es mandado hacia compresores para ser bombeados hacia los clientes. Los dos unidades de bombeo de gas nitrógeno son llamados BLOC's en la que cada una de ellas tiene una presión de descarga de 15.65 ATM, absolutas y los dos compresores de oxígeno BLOC's los cuales descargan a 16.5 ATM, absolutas.

Cuando el comprador lo requiere, este oxígeno comprimido por los BLOC's es pasado a uno de los tres compresores en paralelo llamados BLOC's, regularmente solamente uno se utiliza y los otros dos están de respaldo para cualquier mal funcionamiento de la unidad en uso. La presión del oxígeno después del BLOC es de 32 ATM, absolutas y a 260C.

El nitrógeno y el oxígeno líquido son almacenados en recipientes especiales llamados LR-25, los cuales trabajan a una presión de 1.03 ATM, absolutas promedio.

Debido a que por diversas circunstancias, existen paros de planta durante el año, se cuenta con recipientes para almacenar líquido los cuales son diferentes a los LR-25, estos recipientes sirven para suministrar producto a los clientes cuando es necesario. Dichos recipientes se llaman TM, existe uno de 3000 galones para el nitrógeno y uno de 11000 galones para el oxígeno.

Dichos recipientes tienen una presión de trabajo de 17 atmosferas, y el proceso por el cual se suministra producto a los clientes se basa en el principio de vaporización, pues el líquido almacenado pasa por dentro de una tubería sumergida en una fosa con agua caliente donde dicha agua se encuentra a una temperatura de 40-60 °C, la temperatura de esa agua es mantenida por medio de la inyección de vapor de agua proveniente de dos calderas con una capacidad de 1,479 lg/hr. de agua a vapor cada una y presión de 2 ATM. absolutas.

Como anteriormente se había mencionado, también se cuenta con capacidad de producir argón. El principio que se sigue, básicamente lleva el mismo principio, con la diferencia en que de la mitad de la torre de destilación superior descrita anteriormente es extraído gas que es transferido a una unidad de separación de argón cuyo proceso es el siguiente:

El aire extraído de la columna superior, es pasado a una unidad de separación de gases (argón y oxígeno) que consiste en un condensador y un separador parcial de líquido y gas. El gas que es liberado por este separador es llamado argón crudo, el argón crudo es pasado a uno de los dos intercambiadores de calor donde es calentado el argón, después es pasado a través de un compresor de donde sale con una presión de 5 ATM. absolutas, debido a que el argón crudo contiene oxígeno, se le adhiere o suministra hidrógeno para formar agua en una unidad catalítica y como el argón es un gas noble (químicamente inerte) no es afectado durante la reacción. El gas de argón que ahora contiene vapor de agua es entrado en un intercambiador de calor hasta una temperatura de 32 °C aproximadamente, una vez que se ha hecho esto, la mezcla de argón y agua es pasado a un separador donde se rompe la mezcla de agua y argón. El agua remanente es eliminada por medio de la acción de la malla molecular donde se reduce la temperatura hasta 10 °C, debido a que el flujo puede arrastrar algunas partículas de la malla molecular este es pasado a través de un filtro de partículas. El argón que sale de la unidad catalítica es llamado argón quemado; este argón quemado es enfriado por medio de argón crudo en el intercambiador de calor descrito anteriormente.

"Este proceso se puede ver en la FIG. 16" (8)

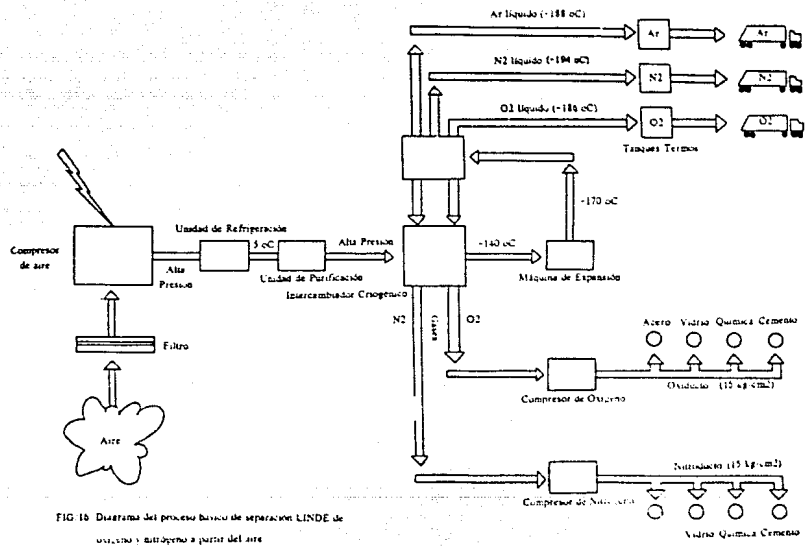


FIG 1b Diagrama del proceso básico de separación LINDE de oxígeno y nitrógeno a partir del aire

### 3.3.4 COMPARACION ENTRE SISTEMAS

Los sistemas vistos paginas atras son los mas conocidos y eficaces para la generacion de nitrogeno, ya sea en forma liquida o gaseosa, aunque esto no significa que sean los unicos existentes, pero si son los que estan a la vanguardia en tecnologia para la separacion del aire en sus componentes.

Haciendo una comparacion entre estos tres sistemas tanto operativa como econonomicamente tenemos que:

La separacion criogenica del aire tiene un 90 % del mercado actualmente y por lo tanto se ha mantenido a la cabeza, pero poco a poco su participacion ha ido disminuyendo, se espera que para 1995 mas del 30 % de su participacion en el mercado vaya a ser sustituida por plantas de membranas y/o PSA's, las cuales tienen ahora solamente de un 3 a 4 % de participacion cada una.

La que mayor desarrollo se presume que tendra es la separacion por membranas, ya que estas plantas son compactas, lineas y tienen muy pocas partes en movimiento.

Ahora bien en lo que respecta a pureza de producto las plantas criogenicas producen gases con un alto grado de pureza, con bajo consumo de energia, aunque son los sistemas mas complejos y que requieren de una muy fuerte inversion inicial; (FIG. 17) por lo que se recomienda cuando la demanda de producto es grande y purzas altas

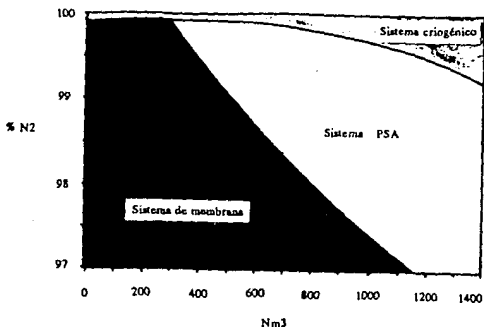


FIG.17 Comparación entre sistemas según la capacidad vs. pureza



Mientras que la planta de membranas se recomienda cuando la pureza y la demanda de producto son moderadas. Así como las plantas PSA's son recomendables para demandas medianas y pureza moderada.

Ahora bien, económicamente hablando, la planta de membranas tiene un comportamiento mas lineal en lo que respecta a inversión inicial y capacidad de producción; los sistemas de PSA se comportan con menos linealidad y finalmente el sistema criogénico se dispara en lo que respecta a inversión inicial para la misma producción dada. Ver FIG. 18

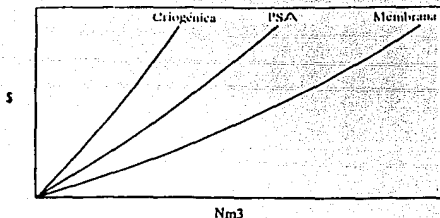


FIG.18 Gráfica de inversión vs. producción

Por último si relacionamos la inversión inicial con la potencia consumida se ve que la planta de membranas tiene la menor inversión pero el mayor consumo de potencia, en las plantas PSA es intermedia la relación entre inversión y potencia, mientras que en el sistema criogénico la potencia es menor pero el costo inicial es muy alto. Ver FIG. 19

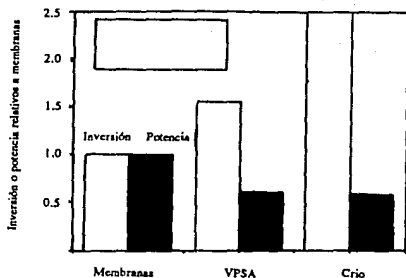


FIG.19 Comparación económica para pureza y presión moderadas

## 2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ESTANADO TRADICIONAL

### 2.4.1 GENERALES

El sistema de estañado que tradicionalmente se utiliza en nuestros días para las terminales de los componentes electrónicos, es en esencia el mismo sistema que se utiliza para soldar los componentes electrónicos a la tarjeta de circuito impreso, es decir que consta de cuatro pasos fundamentales:

1. Aplicación de fundente sobre las superficies a soldar o estañar. Esto es con la finalidad de remover óxidos, grasas, aceite, suciedad, etc. de las superficies y así se logra una mayor adherencia de la soldadura a los componentes. Por lo general el fundente está diluido en cierta clase de alcohol o en agua.

2. Pre calentamiento de la superficie a soldar o estañar: Esto se realiza a través de resistencias eléctricas y pueden ser desde una hasta tres o cuatro estaciones de pre calentamiento. Esta etapa tiene varios objetivos como son:

a) Acelerar la acción del fundente para dejar las superficies listas para ser soldadas.

b) Evaporar el alcohol en el cual se disolvió la resina del fundente ya que si llegaran los componentes con alcohol a la etapa de soldadura, la alta temperatura de esta provocaría que el alcohol se quemara súbitamente causando de esta manera defectos en el terminado del mismo.

c) Aumentar la temperatura de las superficies a soldar hasta un punto cercano (unos 50 °C) a la temperatura de la soldadura líquida (normalmente 250 °C  $\pm$  50°C), con el fin de evitar un choque térmico y dañar así los componentes internamente, y

d) Evita que la soldadura se entrie demasiado rápido.

3. Aplicación del baño de soldadura líquida sobre las superficies a soldar o estañar:

Esta es la etapa del proceso en el que las superficies están finalmente en contacto con la soldadura líquida, la cual puede ser de varias clases (las cuales se verán más adelante). Este método de soldar y/o estañar los componentes es el de más utilización para hacer conexiones en equipos eléctricos o electrónicos. Estas conexiones son vitales para el funcionamiento correcto y confiable de estos equipos. Es por esto que no se deben de escatimar esfuerzos para lograr el más alto grado posible de confiabilidad en cada punto en donde se va a realizar una soldadura, así como en los componentes que la forman.

La soldadura tiene un punto de fusión más baja que el o los metales a los cuales se les adhiere y generalmente consta de aleaciones de dos o más elementos. Es así como la soldadura misma forma otra aleación con las superficies del metal para formar una capa delgada donde se "unen". FIG. 20

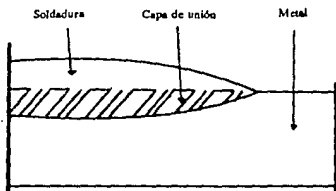


FIG.20 Capa de unión de soldadura

Es en esta etapa del proceso que debido al contacto de las terminales, que pueden ser de cobre, acero, etc. con la soldadura líquida, la cual en la mayoría de las ocasiones está compuesta de plomo y estaño, que se produce el llamado "potencial de contacto" el cual se debe al contacto de metales diferentes los cuales tienen en sus extremos distintas temperaturas. (Ver anexo E).

#### 4. Lavado de las superficies soldadas o estañadas:

Esto se realiza con el propósito de dejar las superficies completamente limpias de cualquier suciedad que pudiera haberse quedado en ellas y que posteriormente pueda causar alguna falla en el componente o circuito; como puede ser el caso del fundente, ya que a la temperatura a la que se encuentra la soldadura, el compuesto del fundente se carboniza formando con ello una capa que muchas veces llega a impedir la correcta conducción de corriente.

Este lavado se puede llevar a cabo con agua desionizada ó bien con compuestos cloro-fluoro-carbonados esto depende de que tipo de fundente se haya utilizado, del tipo de componente que se trate ó bien de los requerimientos del cliente.

### 2.4.2 CONCEPTOS BASICOS

A continuación se definirán algunos conceptos los cuales son básicos para entender correctamente el proceso de soldadura y/o estañado:

#### 2.4.2.1 FLUIDEZ:

Se entiende por fluidez la capacidad de la soldadura para cubrir la superficie del metal. Para obtener una buena fluidez las superficies metálicas deben estar bien limpias. En caso de que llegue a existir grasa o algún otro contaminante sobre la superficie, el fundente tal vez no pueda removerla, lo que causará una falta de fluidez.

Una manera de calificar la fluidez es por el ángulo que forma la soldadura una vez que está fría. Este ángulo se forma entre el material base y las superficies de la soldadura, entre más grande sea este ángulo es peor el grado de fluidez. El límite que se permite, la mayoría de las ocasiones para una fluidez insuficiente es un ángulo de 75º en el caso de soldadura y de 175º mínimo en estañado de componentes (FIG. 21).

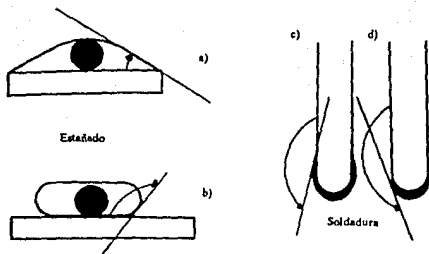


FIG.21 Angulo permitido en soldadura y estañado

La fluidez se ve influenciada por la posición que tengan los componentes durante la operación debido al efecto de la gravedad, por lo que la medición del ángulo no puede ser tomada como el único parámetro para determinar si una soldadura tiene buena o mala fluidez. Es por esto que se utilizan otros métodos para el control de calidad de ella, entre ellos el más usado es el control visual.

#### 2.4.2.2 SOLDABILIDAD:

Al contrario de la fluidez esta es una propiedad del componente y no de la soldadura.

Se entiende por soldabilidad el tiempo que transcurre desde que el elemento a prueba toca la soldadura hasta el instante en que la soldadura envuelve por completo al elemento como resultado de la fluidez.

El tiempo de almacenamiento, la atmósfera y el empaque tienen mucha importancia en que tan rápido y que tanto se deteriora la soldabilidad de los componentes. Las altas temperaturas acelerarán este deterioro. Este deterioro se debe a que al entrar en contacto los componentes con el oxígeno del aire, se inicia una reacción de oxidación sobre el metal de la terminal y si el aire contiene también azufre entonces se formarían sulfuros.

Debido a lo anterior es que "Soldering Technology International Inc." recomienda:

"Si los componentes pasan la prueba de soldabilidad en recibo de materiales, estos se deberán de almacenar en áreas con ambiente controlado. Se deben de utilizar bolsas libres de azufre. Recuerdese que algunos plásticos contienen azufre el cual estimula la formación de óxidos y sulfuros. Las bolsas que se vayan a usar deberán de llenarse con nitrógeno seco, el cual provee de un ambiente libre de oxígeno lo que significa que no se formará ningún tipo de óxido." (9)

Otro artículo que apoya el anterior dice: "No existen datos estadísticos reales sobre el tiempo de vida útil que existiendo a los componentes su almacenamiento en una atmósfera de nitrógeno seco. Sin embargo, se ha demostrado que es muy útil en diferentes aplicaciones" (10)

Existen varios métodos para medir el grado de soldabilidad que tienen los componentes, a continuación se describe en forma resumida en que consiste el método globular que es uno de los más utilizados:

#### -MÉTODO GLOBULAR PARA EVALUAR SOLDABILIDAD EN LOS COMPONENTES-

Este método es en sí un procedimiento para determinar la soldabilidad de metales así como de recubrimientos metálicos.

El método consiste básicamente en que el elemento a probar es bajado hasta una gota de soldadura líquida, la cual está colocada en el extremo caliente de un cilindro de hierro (cautín), de tal manera que la gota sea dividida en dos. Cuando el elemento toca la soldadura, este será cubierto completamente por la soldadura (FIG. 22).

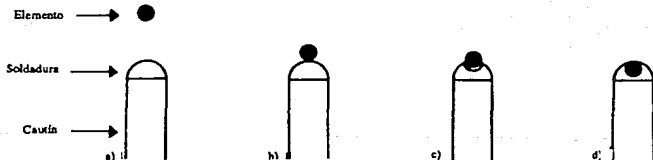


FIG.22 Método globular

9. Electronic Packaging And Production  
Enero, 1990

10. Electronic, Packaging and Production  
Noviembre, 1999

La velocidad a la que deberá descender, la temperatura de la soldadura y la cantidad de ella se especifican más adelante. La soldadura y el elemento de prueba son tratados con fundente y la soldadura debe de cubrir el caudín.

Este método se puede aplicar a los siguientes tipos de componentes:

- Alambre redondo entre 0.2 y 1.2 mm. de diámetro.
- Alambre rectangular y terminales rectangulares con las siguientes especificaciones: ancho: 0.15 - 0.6 mm.  
largo: 0.15 - 1.8 mm.

El equipo necesario es el siguiente:

- a) Un caudín que deberá ser diseñado de acuerdo a las figuras 23 y 24:

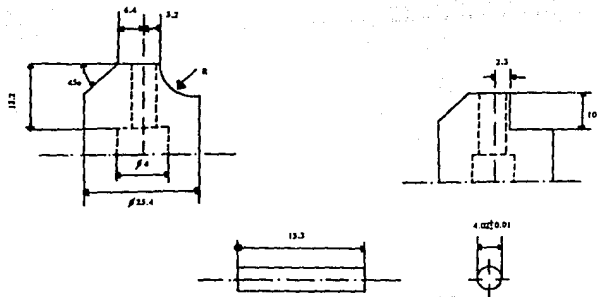


FIG.23 y 24 Caudín del método globular

La velocidad para bajar el elemento a prueba debe ser de  $10 \pm 1.5$  mm / seg.

b) Termostato para mantener la temperatura del caudín dentro del rango de  $2250 \pm 3$  oC.

c) Cronometro con una resolución de 0.02 seg. y un rango de 0.1 - 10 seg.

Las especificaciones de los insumos para la prueba son:

1. Soldadura:	Sn	59 - 61
	Sb	máx. 0.5
	Cu	máx. 0.1
	As	máx. 0.05
	Fe	máx. 0.02
	Pb	balance

Debe de estar libre de Al, Zn y Cd o cualquier otro contaminante en cantidades que puedan afectar los resultados de la prueba.

2. Fundente:	Color	WW ó más claro
	Acido	min. 155 mg KOH / g
	Punto de suavización	min. 70 oC
	Punto de fluidez	min. 75 oC
	Cenizas	máx. 0.05 %
	Solubilidad	una solución de colofonias en una parte igual en peso de isopropanol deberá ser clara y no deberán de formar depósitos después de una semana a temperatura ambiente.

3. Isopropanol:	Pureza	min. 99.5 %
	Acidez	máx. 0.002 % en peso
	Materia no volátil	máx. 20 g / lt

y deberá ser de "actividad media"

En componentes con dos terminales se deberán probar ambas y en componentes con más de dos terminales se escogerán en forma cíclica: 1 y 2 en el primero, 3 y 4 en el segundo, etc.

El lote de prueba deberá constar de 50 elementos.

En componentes axiales se deberá probar a una distancia de  $6 \pm 1$  mm. del cuerpo del componente, en otros tipos de componentes será a una distancia de 1.5 a 2 mm.



El area de prueba no debe de ser tocada con los dedos o con algun otro contaminante.

Los componentes pueden ser probados al ser recibidos o despues de un envejecimiento acelerado. Para este envejecimiento el elemento se mantiene por 16 horas en una cámara de calentamiento a una temperatura de  $155 \pm 2$  °C en la que se hace circular aire para garantizar una buena distribución del calor.

El tamaño de los pellets de soldadura deberán ser de acuerdo a la siguiente tabla, con una tolerancia de  $\pm 10$  %.

Tamaño del elemento en el área de prueba		Peso del elemento mg
Sección circular diámetro mm	Sección rectangular área mm <sup>2</sup>	
IC	IC	25
menor de 0.25	menor de 0.05	50
0.25 - 0.55	0.05 - 0.25	75
0.55 - 0.75	0.25 - 0.45	125
0.75 - 1.2	0.45 - 1.1	200

El pellet de soldadura deberá de ser sumergido en fundente diluido en isopropanol, el cual también debe de usarse con el elemento a probar.

Finalmente el tiempo recomendado es menor ó igual a 1.5 segundos, independientemente del tratamiento al cual halla sido sometida la superficie de las terminales de los componentes.

#### 2.4.2.3 ESCORIA.-

La soldadura más utilizada consta principalmente de estaño y plomo. De estos dos elementos el estaño es altamente sensible a oxidarse, este óxido se deposita en la superficie del baño de soldadura, el cual se puede apreciar fácilmente ya que forma una especie de nata, que le quita el acabado "espejo" que debería de tener.

A este óxido se le da el nombre de escoria ya que es un desperdicio que hay que estar removiendo constantemente (muchas veces antes de cada operación de estañado) y que afecta en gran manera el acabado final del estañado de los componentes. Esto también provoca que al ir removiendo la escoria, la composición de la soldadura varíe más rápido por lo que el tiempo de residencia de ella en el crisol se ve disminuido.

Esta escoria provoca pérdidas económicas tanto en soldadura desperdiciada como en costos de calidad.

#### 2.4.2.4 PICOS Y/O BANDERAS.-

Este es uno de los defectos de calidad más común que se presenta en el estañado de los componentes.

Un ejemplo de estos se puede ver en la FIG. 25A

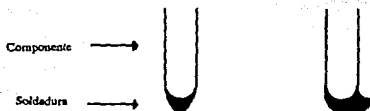


FIG.25A Picos y/o banderas

Este defecto de calidad se debe a que en el instante en que la terminal del componente toca el baño líquido de soldadura, ésta presenta una capa de óxido en la superficie la cual se adhiere al material metálico del componente. Acto seguido la terminal rompe esta capa de óxido penetrando en la soldadura líquida licuándose a cabo la operación de estañado.

Una vez que el componente está completamente estañado, sale del baño de soldadura, pero con la capa de óxido todavía adherida a él. Como este óxido no es líquido sino que es un sólido, no dá tiempo a que escorra completamente del componente secándose la soldadura antes de que esto suceda.

De la explicación anterior se puede hacer la analogía con un recipiente que contenga leche caliente sobre la cual se forme una nata y a este vaso le introducimos el dedo, podremos ver que una vez que lo sacamos la nata se queda adherida a la piel formando una "bandera ó pico".

Este tipo de defectos representa una erogación de dinero bastante fuerte para las compañías, ya que cada uno de estos tiene que ser removido y esto se realiza manualmente con cautines, lo que representa una fuerza de mano de obra bastante grande, además de que la operación de retoque es considerada en muchas empresas como mano de obra calificada por lo que su costo es bastante alto.

Si a todo lo anterior le adicionamos el llamado "efecto de puntas" (del cual hablaré a continuación) debido al cual se provocan pérdidas eléctricas hacia el aire, se puede dar una cuenta de que estas pequeñísimas fallas de calidad (las puntas) son muy perjudiciales para el funcionamiento del circuito por lo que es de suma importancia evitarlas al máximo.

#### " EFECTO DE PUNTAS "

Para explicar de una manera sencilla de entender como es el llamado efecto de puntas se tienen que explicar algunos otros conceptos antes, los cuales menciono a continuación:

##### 2.4.2.4.1 LEY DE COULOMB

El coronel Charles Coulomb del ejército francés, llevo a cabo experimentos relacionados con la electricidad estática, para esto utilizó una balanza de torsión con el fin de determinar cuantitativamente la fuerza ejercida entre dos objetos que tienen una carga de electricidad estática, después de estos experimentos llegó a la siguiente conclusión:

"Si los dos cuerpos son esferas cuyos radios son muy pequeños comparados con su separación y si estas están suficientemente remotas a superficies conductoras o de otros medios dieléctricos (es decir en un medio aislante infinito) la magnitud de la fuerza entre dichos cuerpos debida a sus cargas obedece en este caso a una ley inversamente proporcional al cuadrado de la distancia". (10) Es decir:

$$F = \frac{q_1 q_2}{k r^2} \quad (\text{Newtons})$$

donde:  $q_1$  y  $q_2$  = carga neta en las esferas (coulombs)  
 $r$  = distancia entre las esferas (metros)  
 $k$  = constante de proporcionalidad

Como el espacio se considera en forma circular se tiene que dividir entre  $4\pi$ , por lo que la constante de proporcionalidad será:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

entonces la Ley de Coulomb quedará:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

donde  $\epsilon_0$  es la permitividad del espacio libre y se mide en Farad / metro. Para el vacío su valor es de :

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{ (F/m)}$$

por lo que la constante de proporcionalidad es igual a:

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{36\pi}{4\pi \times 8.854 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

#### 2.4.2.4.2 INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO (E)

Si ahora se toman dos cargas una fija  $q_1$  y  $q_2$  que se mueve lentamente a su alrededor, se ve que existe en todas partes una fuerza que actúa sobre esta segunda carga, es decir que esta sujeta a un campo de fuerzas. Si esta segunda carga la llamamos  $Q_2$  la fuerza sobre ella está dada por la Ley de Coulomb:

$$\vec{F}_E = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_{12}^2} \hat{R}_{12}$$

$$\frac{\vec{F}_E}{Q_2} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_{12}^2} \hat{R}_{12} \text{ (V/m)}$$

En donde el miembro de la parte derecha recibe el nombre de intensidad de campo eléctrico. Y se define como "La fuerza eléctrica con signo positivo en el punto considerado y en un instante dado". (11)

Y se puede expresar como:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{Q} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_{1E}^2} \hat{R}_{1E} \quad (V/m)$$

en donde  $\hat{R}$  es un vector unitario a lo largo de la dirección de  $r$ .

#### 2.4.2.4.3 CONDUCTORES, DIELECTRICOS Y SEMICONDUCTORES.

Los átomos están constituidos por un núcleo con carga positiva (protones) y a su alrededor giran cargas negativas (electrones) en orbitas periféricas. Estas cargas llamadas electrones se encuentran distribuidas en cada capa según Mosheley por el duplo del cuadrado de los guarismos simples ( $1^2 = 2$ ;  $1^2 = 2$ ;  $2^2 = 2$ ;  $2^2 = 8$ , etc.).

Estas capas tienen niveles de energía y entre más alejadas estén del núcleo mayor será la energía de esa capa.

A los átomos que no cumplen este principio en su última capa se les llama inestables y es posible que se combinen con otros. A esta última capa se le da el nombre de capa de valencia.

Al aplicar una energía externa al átomo (luz, calor, etc.) se separan electrones de la última capa, la cual posee el más alto nivel energético. Estos electrones al desprenderse del átomo lo dejan con carga positiva, y como los electrones no pueden existir por sí solos buscan otro átomo al cual adherirse, esto provoca que este último átomo tenga un electrón de más en su última orbita es decir una carga negativa.

Como los átomos por naturaleza propia buscan estar siempre en equilibrio, es decir su estado natural, sucede que el átomo con carga positiva atrae otro electrón y el átomo con carga negativa expulsa otro, ocasionando esto una reacción en cadena y originando lo que conocemos como corriente eléctrica.

Se dice que al originar una corriente eléctrica lo que sucede es que los electrones pasan del nivel de valencia al nivel de conducción.

Los materiales se pueden clasificar en tres clases según la magnitud de la energía aplicada al átomo para originar la corriente eléctrica:

a) Aislantes.- El nivel de energía es muy alto, mayor a los 5 ev (ev = electron - volt es una unidad muy utilizada en la teoría atómica) algunos ejemplos son el vidrio, el aire seco, mica, madera seca, hule, etc.

b) Semiconductores.- El nivel de energía proporcionado es medio, entre 0.5 y 1.2 ev. Algunos ejemplos de estos materiales son el silicio, germanio, galio, etc.

c) Conductores.- El nivel de energía requerido es muy bajo es decir menos de 0.5 ev. Como ejemplos de conductores se nombran a el cobre, oro, plata, aluminio, etc.

De lo anterior se puede concluir que la gran ventaja que tienen los dieléctricos es que se pueden usar para cubrir por su parte externa a los medios conductores y de esta forma poderlos manejar muy fácilmente.

Pero como se sabe, no existe un aislante perfecto, ya que siempre se podrá aplicar un nivel de energía lo suficientemente alto para volver conductor al medio aislante.

Cuando esto sucede se dice que hemos roto la "rigidez dieléctrica".

Los conductores y los aislantes, como ya se ha mencionado presentan propiedades de conducción o de no conducción es decir de resistencia al flujo de electrones. Estas dos propiedades hacen que todos los materiales tengan ya sea conductividad o resistividad, las cuales determinan que tan buen conductor o aislante es cualquier material. Estas dos propiedades se miden en ohms / metro para la resistividad ( $\rho$ ) y en mhos / metro para la conductividad ( $\sigma$ ).

Para dar algún ejemplo, la conductividad del cobre es de 5.8 EE 7 mhos / metro y la resistividad de la baquelita es de 1 EE 9 ohms / metro.

#### 2.4.2.4.4. DENSIDAD DE FLUJO ELECTRICO

Se sabe que la  $\vec{E}$  de una carga positiva es en forma radial, y por lo tanto, las líneas de fuerza también serán radiales y se formará un volumen esférico. FIG. 25 R.

A estas líneas de fuerza se les llama "flujo eléctrico" ( $\psi$ ) el cual es causado por la carga eléctrica  $Q$ .

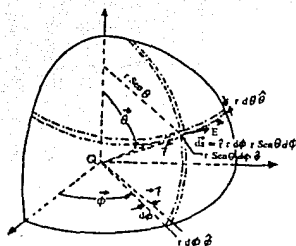


FIG. 25B Carga eléctrica en el centro de una esfera

Se considera una esfera, en cuyo centro está la carga  $Q$  con un campo eléctrico a una distancia " $r$ " por lo que en la superficie tiene el flujo eléctrico " $\Psi$ " el cual se divide entre la superficie de la esfera " $\Psi / \text{sup}$ " y se le llama "densidad de flujo eléctrico" ( $\vec{D}$ ) y se mide en  $C/m^2$ :

$$\vec{D} = \frac{\Psi}{\text{sup}} = \frac{Q}{\int_{\text{sup}} r^2 \sin \theta d\theta d\phi} \hat{r} = \hat{r} \frac{Q}{4\pi r^2} \quad (C/m^2)$$

Como la  $\vec{E}$  para el mismo volumen esférico es:

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad (V/m)$$

se tiene que:  $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$

#### 2.4.2.4.5 LEY DE GAUSS

"El flujo eléctrico que pasa a través de cualquier superficie cerrada es igual a la carga total encerrada por esa superficie" (12)

$$\mathcal{V} = \int d\mathcal{V} = \oint_{\text{exp}} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int \rho Q = Q \quad (c)$$

$\vec{D}$  y  $d\vec{S}$  están en la misma dirección, es decir son paralelas, cuando no es así se toma la componente normal de  $\vec{D}$  por lo que se multiplica por el coseno del ángulo formado entre ambos vectores.

Cuando  $\vec{D}$  y  $d\vec{S}$  son perpendiculares su resultado es igual a cero, ya que  $\cos 90^\circ = 0$ .

$$\text{Como: } Q = \int_{\text{exp}} \rho_i dV \quad \text{y } Q = \int_{\text{exp}} \rho_s dS \quad \text{y } Q = \int_{\text{vol}} \rho_v dV$$

se tiene:

$$\mathcal{V} = Q = \oint_{\text{exp}} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{\text{exp}} \rho_s dS = \int \rho_i dV = \int \rho_v dV$$

la más generalizada es:

$$\oint_{\text{exp}} \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_{\text{vol}} \rho dV$$

#### 2.4.2.4.6 TRABAJO ELECTRICO

La intensidad de campo eléctrico  $\vec{E}$  se dijo que es la fuerza que actúa sobre una carga eléctrica positiva en el punto donde se quiere conocer el valor del campo. Ahora bien, si esta carga se intenta mover en contra del campo eléctrico, se tiene que ejercer una fuerza igual y opuesta a la que ejerce el campo, esto requiere un gasto de energía o sea realizar un trabajo. Si este trabajo es en dirección del campo el gasto de energía es negativo, y el que efectúa el trabajo es el campo.

Se supone que la carga  $Q$  se moverá una distancia  $d\vec{l}$  en un campo eléctrico  $\vec{E}$ , entonces la fuerza del campo es igual a:

$$\vec{F} = Q\vec{E}$$

por lo que la fuerza requerida debe de ser igual pero en sentido contrario:

$$\vec{F}_E = -Q\vec{E} \hat{a}_L$$

donde  $\hat{a}_L$  es un vector unitario en la dirección de  $d\vec{l}$ .



El trabajo efectuado por  $\vec{F}_E$ , será igual al producto escalar de  $\vec{F}_E$  por el espacio recorrido  $d\vec{l}$ :

$$\vec{F}_E \cdot d\vec{l} = Q\vec{E} \cdot d\vec{l} = dW \quad (\text{joules})$$

Por lo tanto el trabajo requerido es de signo contrario:

$$dW = -Q\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Si integramos queda:  $W = -Q \int_{\text{inicial}}^{\text{final}} \vec{E} \cdot d\vec{l}$  (joules)

#### 2.4.2.4.7 DIFERENCIA DE POTENCIAL

Así como se definió el campo eléctrico  $\vec{E}$ , como la fuerza eléctrica sobre una carga positiva unitaria, ahora se definirá la diferencia de potencial como el trabajo efectuado por una fuente externa al mover una carga positiva unitaria de un punto a otro en un campo eléctrico:

$$\text{Dif. de potencial} = - \int_{\text{inicial}}^{\text{final}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{W}{Q} \quad \frac{\text{joules}}{\text{coulomb}}$$

A esta unidad se le dió el nombre de volt (v).

Si se substituye el valor de  $\vec{E}$  en la integral queda:

$$V_{AB} = - \int_0^A \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[ -\frac{1}{r} \right]_0^A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right]$$

$V_{AB} = V_A - V_B$

Como el punto B se considera en el infinito, el potencial en ese punto es cero por lo que queda:

$$V_{AB} = V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_A}$$

Como no tiene caso poner subíndices se tiene que:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Lo que define el potencial en cualquier punto a una distancia  $r$  de una carga  $Q$ .

Una superficie equipotencial es aquella en la que todos los puntos sobre ella tienen el mismo potencial, y no se necesita realizar un trabajo para mover cargas dentro de ella, por lo que el campo eléctrico dentro de ella también es cero.

También se puede concluir que el trabajo que se realiza en una dirección es igual al que se realizaría en sentido contrario, por lo que:

$$\oint_{\text{en}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

#### 2.4.2.4.8 CONDICIONES DE FRONTERA

Se supone que un conductor y un dieléctrico están en contacto como sucede en un alambre aislado, se verá que es lo que sucede con  $\vec{E}$  en las superficies en contacto, según lo muestra la FIG. 25 C:

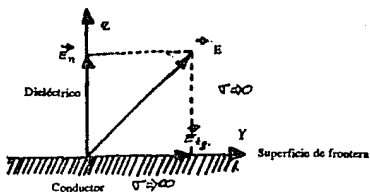


FIG.25C  $\vec{E}$  en el dieléctrico junto a un conductor

En la FIG. 25 D, se representa la superficie de frontera entre el conductor y el dieléctrico, como la integral cerrada es igual con cero, entonces queda que la integral cerrada es igual a cero:  $\int_a^b E_x \Delta W + \int_b^c E_n \Delta h + \int_c^d E_x \Delta W + \int_d^a E_n \Delta h = 0$

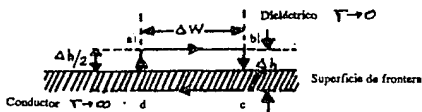


FIG.25D Rectángulo centrado abarcando el dieléctrico y el conductor

pero como  $\vec{E}$  dentro del conductor es cero se puede decir que:

$$\int_c^d E_t \Delta W = 0$$

es decir, que  $\Delta h$  solo existirá fuera del conductor por lo que solo se tomará en cuenta  $\Delta h / 2$ , entonces:

$$\int_a^b E_t \Delta W + \int_b^c -E_n \frac{\Delta b}{2} + \int_d^a E_n \frac{\Delta h}{2} = 0$$

En donde se eliminan los dos últimos terminos ya que  $\Delta h \rightarrow 0$ , quedando:

$$\int_a^b E_t \Delta W = 0$$

y como sabemos que:

$$\int_a^b \Delta W \neq 0$$

queda que:

$$E_t = 0$$

Esto significa que no existirá movimiento de cargas a lo largo del conductor, ya que originaría una corriente eléctrica y se está tratando aquí de estática. Por lo que el conductor es una superficie equipotencial.

Entonces surge la pregunta ¿Qué sucede con el componente normal de  $E$ ?

Como se vio en la ley de Gauss:

$$\oint_{\text{sup}} \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q$$

donde:  $\vec{D} = \epsilon \vec{E} \Rightarrow \oint_{\text{sup}} \epsilon \vec{E} \cdot d\vec{s} = Q \Rightarrow \oint_{\text{sup}} \vec{E} \cdot d\vec{s} = Q$

Se toma un cilindro como el de la FIG. 25E, con altura de  $\Delta h$  y áreas inferior y superior  $\Delta S$ . Cuando  $\Delta h \rightarrow 0$ .

$$\int_{\text{sup}} + \int_{\text{inf.}} + \int_{\text{lateral}} = Q$$

puesto que la  $\vec{E}_t$  dentro del conductor no existe, se elimina la cara inferior y la cara lateral también es igual a cero porque  $\Delta h \rightarrow 0$

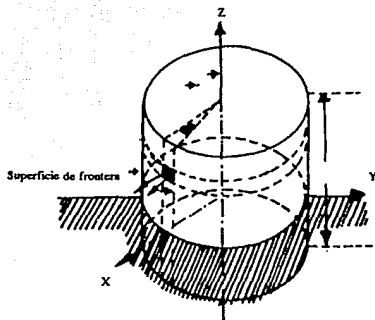


FIG.25E Cilindro de una superficie Gaussiana para encontrar E

Por lo que únicamente queda el componente normal en el dieléctrico :

$$\epsilon \int_{sup} \vec{E}_n \cdot d\vec{s} = Q = \int_{sup} \rho_0 ds$$

como las superficies son iguales, se tiene que:  $\epsilon E_n = \rho_0$

entonces:

$$\vec{E}_n = \frac{\rho_0}{\epsilon} \hat{n} \quad \text{y} \quad \vec{D}_n = \rho_0 \hat{n}$$

La ecuación anterior indica que la intensidad de campo eléctrico sale del conductor en la dirección normal y la densidad de flujo es también normal al conductor y numéricamente igual a la densidad de carga superficial.

#### 2.4.2.4.9 EFECTO DE PUNTAS

Para este efecto se considera tener un conductor esférico con la carga concentrada en el centro para propósitos matemáticos, FIG. 25 F.

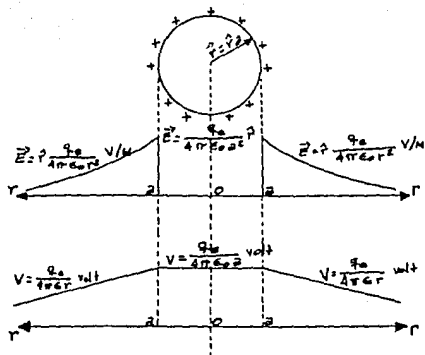


FIG. 25F Campo y potencial eléctrico en un conductor

Se tiene que: 
$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r} \quad (\text{V/m})$$

Como el radio de la esfera es "a", se tiene que:

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \hat{r} \quad (\text{V/m})$$

el medio ambiente en el cual se encuentra la esfera es el aire seco muy parecido al vacío y entonces se tiene:

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2} \hat{r} \quad (\text{V/m})$$

El potencial eléctrico es igual a:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} \quad \text{siendo} \quad a \leq r \leq \infty$$

Se sabe que la  $E_{\text{máx}}$  para no romper la rigidez dieléctrica a la presión atmosférica en el nivel del mar es de  $3 \text{ EE } 6 \text{ v/m}$ , es decir:

$$E_{\text{máx}} = 3 \text{ EE } 6 \quad \text{v/m}$$

Entonces la carga máxima que puede tener la esfera conductora es:

$$E_{\text{máx}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$Q_{\text{máx}} = 4\pi\epsilon_0 a^2 E_{\text{máx}}$$

y el potencial máximo para la misma esfera es:

$$V_{\text{máx}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{4\pi\epsilon_0 a^2 E_{\text{máx}}}{4\pi\epsilon_0 a} = E_{\text{máx}} a$$

esto es que el potencial máximo está en función del radio de la esfera, por ejemplo en la siguiente tabla se muestran algunos valores de  $V_{\text{máx}}$  para diferentes radios de esferas:

r(m)	1	0.1	0.01	0.001	EE-4	EE-5
$V_{\text{máx}}$	3EE6	3EE5	3EE4	3EE3	30	3

Se puede ver que entre menor sea el diámetro menor es el potencial que puede tener la esfera, una vez que se rebasa este límite de potencial empezará a haber fugas ya que se iniciará la ionización del aire, es decir que se rompió la rigidez dieléctrica del mismo y empezará a haber conducción en él. Y al contrario en donde se desee eliminar el campo electrostático, es importante formar puntas para que por medio de ionización se descargue el objeto deseado por ejemplo en los aviones, FIG. 25 G.

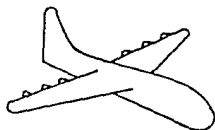


FIG.25G Avión con puntas para ionizar el aire

Es por esto que en un circuito eléctrico que tenga uniones soldadas se deben de eliminar al máximo la formación de puntas para evitar pérdidas.

#### 2.4.3 TIPOS DE SOLDADURA: USOS Y CARACTERISTICAS

Existen muchos y muy variados tipos de soldadura y su uso depende del terminado que se le quiera dar al producto así como el uso que tendrá el mismo.

Así se cuenta con soldaduras estándar y soldaduras ultrapuras, un ejemplo de las impurezas en una soldadura ultra-pura se muestra en la siguiente tabla: (13)

IMPUREZA	SOLDADURA * ESTANDAR	SOLDADURA * ULTRA PURA
Pb	0.050	0.040
Sb	0.030	0.020
Cu	0.015	0.003
Au	0.002	0.001
Al	0.002	
Cd	0.0003	
Zn	0.0003	
Ag	0.002	0.001
Bi	0.030	0.015
In	0.005	
As	0.20	< 0.020
Fe	0.010	0.007
Ni	0.002	

\* Porcentaje en peso.

De entre los diferentes tipos de soldadura estándar que existen, a continuación se nombran algunos de los más comunes así como algunas características de los mismos:

ALEACION	% COMPOSICION	FUSION (oC)	PROPIEDADES/USOS
Sn / Pb	63 / 37	183	Es la aleacion más usada. Las aleaciones con más plomo son buenas para soldaduras de alta temperatura. De bajo costo y buenas propiedades de unión. No se recomienda para soldar oro o plata.
	60 / 40	183 - 188	
	50 / 50	183 - 216	
	10 / 90	268 - 302	
	5 / 95	308 - 312	
Sn / Pb / Ag	62/36/2	179	Previene el desgaste de los conectores o pistas de plata o plata/plomo. Aumenta la resistencia de la soldadura.
	10/88/2	268 - 290	
	1/97.5/1.5	309	
Sn / Ag	96.5 / 3.5	221	Resiste a la fatiga térmica. Gran fluidez. Gran resistencia a correrse y es más fuerte.
	95 / 5	221 - 240	
Sn / Sb	99 / 1	235	Aumenta la fuerza de tensión, a correrse y a cuartearse.
	95 / 5	235 - 240	
Pb / In	75 / 25	250 - 264	Excelente fluidez y menos desgaste del oro. Aumenta la fuerza dúctil.
	50 / 50	180 - 209	
	25 / 75	156 - 165	

#### 2.4.4 TIPOS DE FUNDENTES: USOS Y CARACTERISTICAS

Como se vió anteriormente el fundente es una substancia que se utiliza para preparar y dejar en las mejores condiciones posibles las superficies a soldar.



Existen varios tipos de ellos, y su elección depende del producto al cual se va a aplicar y del uso que a este se le vaya a dar.

Por ejemplo existen los siguientes tipos de fundentes:

- I. - Resinosos
- II. - Orgánicos
- III. - Inorgánicos
- IV. - Pastosos.

I. RESINOSOS.- Existen tres tipos de estos fundentes los cuales son:

- a) Poco activos.- Los materiales deben de tener excelente soldabilidad.
- b) Medio activos.- Es el más comunmente usado.
- c) Muy activos.- Para superficies con muchos oxidados.

Este tipo de fundentes son los más utilizados en ensamblajes eléctricos y electrónicos. Se caracterizan porque sus residuos son neutrales, es decir que no son conductivos. Los hay con diferentes concentraciones de sólidos (es decir la resina), entre más concentración de sólidos tenga más corrosivo es el fundente. Todos estos fundentes se tienen que disolver en alcohol para su correcto uso, por lo general se utiliza alcohol isopropilico.

II.- ORGANICOS.- Estos se conocen comúnmente como fundentes solubles en agua. Generalmente trabajan más eficientemente que los fundentes resinosos, pero la naturaleza "ionizable" de los residuos disueltos en agua los hace demasiado conductivos y potencialmente corrosivos para ser dejados en ensamblajes electrónicos. Los fundentes orgánicos no son tan estables térmicamente como los resinosos pero en procesos donde se tiene que soldar rápidamente son muy buenos.

A pesar de estas desventajas cada vez son más utilizados debido a que los materiales se lavan muy fácilmente con agua y los reglamentos para su desalojo a la ciudad no son tan rigurosos.

Un circuito que vaya a ser preparado con este tipo de fundentes debe ser diseñado especialmente para poder ser lavado con agua y remover así los residuos.

### III. INORGANICOS

Son soluciones de sales inorgánicas y son considerados de uso general. Son bastante activos y son excelentes para metales especialmente difíciles de soldar.

Estos fundentes fueron desarrollados para aplicaciones fuera de la industria electronica, con mucha fluidez y residuos que se pueden limpiar con agua. No se recomienda para aplicaciones eléctricas ó electronicas y los residuos deben de ser cuidadosamente removidos para prevenir la corrosión causada por residuos de sales de cloro.

#### IV. PASTOSOS

Se utilizan en aplicaciones donde el uso de fundentes líquidos implica un riesgo ó son difíciles de usar.

Se usan con componentes de montaje superficial ó en circuitos muy delicados.

### 2.5. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE ESTARADO PROPUESTO

#### 2.5.1 GENERALES

Como se mencionó en el capítulo I de este trabajo, se tenía conocimiento de todos los problemas que causaban los componentes mal estañados y viejos, por lo que se penso en alguna solución al problema.

En el análisis del problema se tomó en cuenta que este proceso era uno muy parecido a las soldaduras TIG (Tungsten inert gas) y MIG (Metal inert gas), es decir que consiste en un metal base y otro metal de aporte.

Precisamente en estos procesos se utiliza un gas inerte que puede ser el argón ó mezclas de argón, helio y/o CO2 con el fin de proteger a la soldadura del oxígeno y evitar de esta manera la oxidación de la misma.

"El proceso TIG consiste en un electrodo de tungsteno envuelto por un porta-electrodo por el cual sale el gas protector cubriendo al electrodo, protegiendo de esta forma tanto al electrodo como al material de trabajo de la oxidación, aunque el electrodo de tungsteno no es en sí el metal de aporte sino que únicamente sirve para mantener el arco sobre la pieza a trabajar mientras que el material de aporte se alimenta externamente." (FIG. 26) (14)

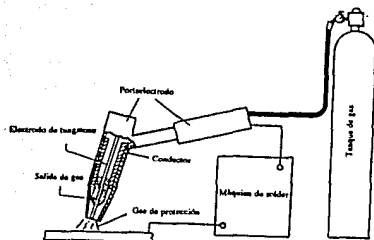


FIG.26 Proceso de soldadura TIG

"El proceso MIG consta básicamente de lo mismo solo que el material de aporte se alimenta directamente a través del porta-electrodos. Se utiliza para soldar acero al carbón, aluminio, cobre y níquel." (Ver FIG. 27) (15)

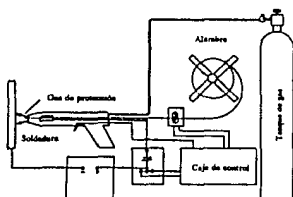


FIG.27 Proceso de soldadura MIG

Es precisamente de aquí que se tomó la idea de utilizar un gas inerte para el proceso de estañado de los componentes e imitar en cierta forma los procesos TIG y MIG, ya que el proceso de estañado también consiste en un metal base y un metal de aporte.

Para iniciar el análisis del sistema que se propondría se establecieron los siguientes puntos:

- No se modificarían los procesos existentes, únicamente se les haría una adaptación del sistema que resultara elegido.
- El sistema tendría que ser fácil de instalar y de ser removido en caso de que así se requiriera.
- El sistema tendría que tener poco ó nulo mantenimiento.
- El sistema no tendría que presentar riesgos de seguridad tanto para la operación en sí, como para los operarios.
- El sistema tendría que tener un costo moderado en su fabricación.
- El sistema tendría que economizar al máximo el uso del gas.
- El sistema tendría que tener una vida útil prolongada.

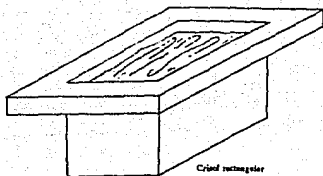
## 2.5.2 DISEÑO DEL SISTEMA

### 2.5.2.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO

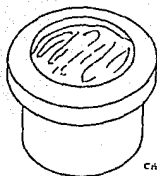
Para diseñar el prototipo debemos de plantearnos cual es nuestro principal objetivo, en este caso es el de desplazar al máximo posible el oxígeno presente en la atmósfera que se encuentra sobre el baño de soldadura líquida.

Debido a lo anterior, lo primero que debemos de hacer es bloquear el mayor número de entradas de aire posible al crisol que queremos inertizar, pero sin entorpecer la operación que realice el obrero.

El mayor número de los crisoles existentes en el mercado tienen forma rectangular (esto es en la superficie en la cual se llevará a cabo el estañado) aunque también los hay redondos. (Ver FIG. 28)



Crisol rectangular



Crisol redondo

FIG.28 Crisoles

Ya que la operación de estañado se realiza por la parte superior del crisol, se pueden bloquear todos los laterales del mismo, y cubriendo la mayor superficie posible del baño de soldadura sin que llegue esto a entorpecer en el proceso.

Para lograr un mejor inertizado se inyectará nitrógeno por dos lados del crisol, en el caso del crisol rectangular se hará por los dos lados más largos cubriendo de esta manera la mayor superficie posible del crisol, no se inyectará por los cuatro lados ya que se estaría desperdiciando gas, debido a que habría zonas en las que se traslaparían los flujos y estas son las que menos nos interesa inertizar ya que el proceso en sí se lleva a cabo en el centro del crisol, como se muestra en la FIG. 29

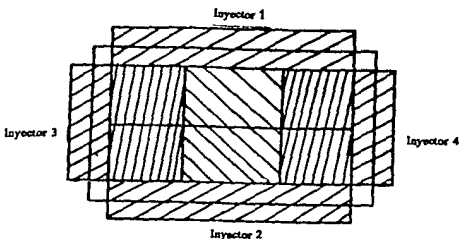


FIG.29 Vista superior del crisol

Ahora bien, una vez decidido por que lados se hará la inyección del gas, hay que ver como es que se bloquearán las entradas de aire laterales.

Lo más sencillo para lograr este objetivo es fabricar una especie de caja sin fondo ni tapa, que llamare "falda", de tal forma que cada una de las paredes se sumerja dentro del baño de soldadura, creando de esta manera un sello entre soldadura y el material de las paredes, como se ve en la FIG. 30

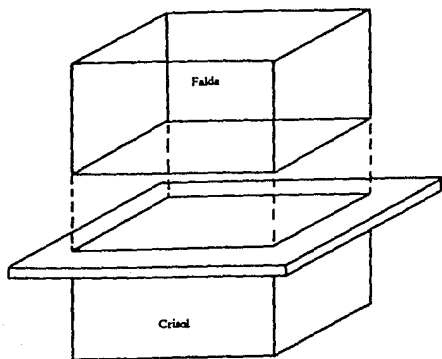


FIG.30 Falda y crisol

Esta falda tiene que emerger del crisol por lo menos 1" para que se puedan sujetar de ella los inyectores para el gas.

Los inyectores serán dos prismas rectangulares, a través de los cuales se introducirá el gas por una de las caras más pequeñas, y la expulsión del gas se hará por una de las caras laterales como se muestra en la FIG. 31

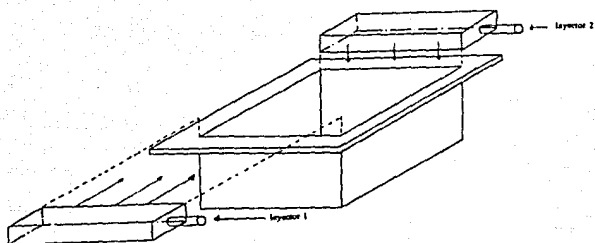


FIG.31 Acoplamiento de inyectores al crisol

Por lo tanto al tener que quedar los inyectores sobre las paredes del crisol, estos tendrán que ir soldados a las paredes de la falda mencionada anteriormente, como se puede apreciar en la FIG. 32

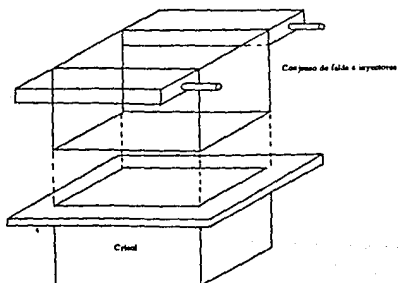


FIG.32 Montaje de inyectores y falda al crisol

Ahora lo único que resta es bloquear al máximo posible la parte superior del crisol sin llegar a obstruir el área de trabajo para el estañado, para lograr este propósito se localizarán dos tornillos sobre cada inyector para que sobre ellos se coloque una solera con dos canales y de esta forma poder ajustar la carrera de la solera sobre el crisol, esto se ve en la FIG. 33

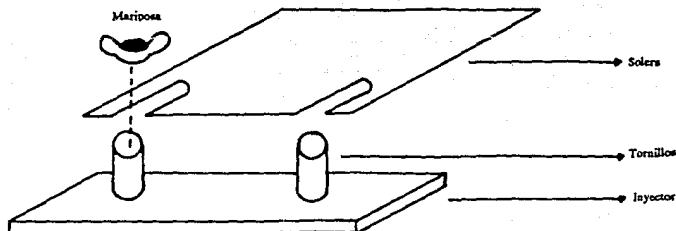


FIG.33 Acoplamiento de solera al inyector



Del arreglo anterior se colocarían uno de cada lado del crisol sobre los inyectores, una vez colocados y ajustados a las distancias correctas se fijarán con dos mariposas cada uno.

Finalmente el arreglo completo queda como se muestra en las figuras 34a, 34b, 34c

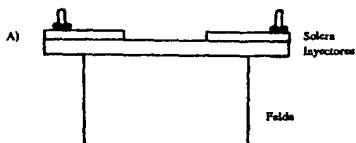
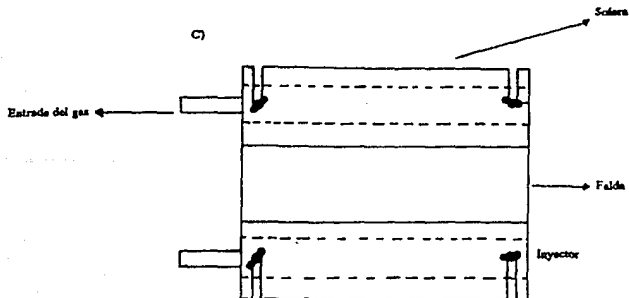
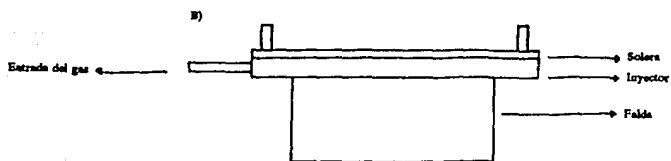
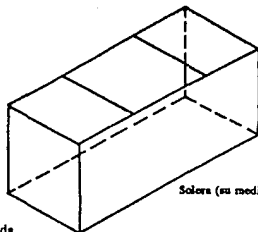


FIG.34 A) Vista lateral del conjunto; B) Vista frontal;

C) Vista superior



Queda la opción de que las faldas laterales puedan llevar una parte en forma horizontal para bloquear todavía un poco más (en caso de que se requiera) la parte superior del crisol, en dado caso la falda quedaría como se muestra en la FIG. 35



Solera (su medida depende de la necesidad)

FIG.35 Solera opcional a la falda

Como se puede apreciar es un sistema de muy fácil instalación y desinstalación además de práctico porque no requiere casi de mantenimiento ya que no cuenta con partes móviles, a lo sumo requiere de limpieza semanal.

#### 2.5.2.2 MATERIAL A UTILIZAR

Para este fin se tiene que tomar en cuenta que sea un material que no se degrade con el tiempo y que además no presente riesgos de dañar los componentes debido a cargas estáticas, además de que no se vea afectado por las temperaturas que se manejan en el crisol.

Otro punto muy importante a considerar es que al tener que estar parte del sistema de inertizado sumergido en el baño de soldadura, tiene que estar fabricado de un material que no contamine el baño de estaño.

Sumado a todo esto el material debe de tener un costo moderado y que presente una resistencia lo suficientemente grande para resistir el manejo al cual será sometido durante su instalación y desinstalación.

Para este estudio se tomaron en cuenta los siguientes materiales: cobre, aluminio, latón, acero al carbón, acero inoxidable y fibra de vidrio.

Estos se fueron descartando debido a los siguientes puntos que se consideraron en contra de cada uno de ellos.

**FIBRA DE VIDRIO.**- Pueden llegar a no resistir las temperaturas a las que se trabaja pudiendo llegar a sufrir deformaciones, además de que genera electricidad estática que perjudica a los componentes electrónicos.

**COBRE.**- Es un material muy dúctil por lo que sufriría deformaciones al ser manejado. También el cobre se degrada a las temperaturas que se manejan contaminando así el baño de soldadura.

**ALUMINIO.**- Igual que el cobre

**LATON.**- Igual que el cobre

**ACERO AL CARBON.**- Este material presenta alta resistencia al manejo y no se deforma con las temperaturas altas, pero presenta el inconveniente de que precisamente a altas temperaturas (800 oC aproximadamente) empieza a presentar problemas de decarburación, esto es que pierde átomos de carbón de su estructura y pudiera contaminar el baño de estaño.

**ACERO INOXIDABLE.**- Este material parece ser el más idóneo ya que es de alta resistencia tanto al manejo como a las altas temperaturas sin que llegue a presentar problemas de degradación ó deformación. También al ser metal no presenta ningún problema por cargas estáticas. De todos los materiales estudiados es el que tiene más alto costo, pero el sobre precio está bien justificado por todas las demás ventajas que representa para el sistema.

Después de analizar las condiciones para cada uno de los materiales se decidió utilizar el acero inoxidable dadas las ventajas que representa.

### 2.5.2.3 METODOS DE INYECCION DEL GAS

Una vez que se tiene diseñado el prototipo, se tiene que analizar como es que se llevará a cabo la inyección del gas de tal forma que no altere las condiciones de trabajo normales del proceso .

Para esto se analizaron primero dos formas para inyectar el gas: a través de una cuchilla ó a través de una lámina perforada, estas dos opciones se pueden apreciar en las figuras 36 y 37

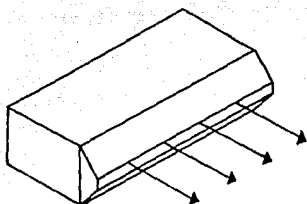


FIG.36 Inyector de cuchilla

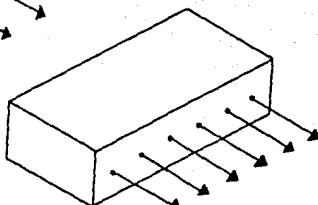


FIG.37 Inyector perforado

Estas dos opciones se construyeron y se probaron en un crisol simulado conteniendo agua en lugar de soldadura, habiéndose observado los siguientes efectos:

Las dos opciones constan de una compresión del gas seguida de una expansión brusca lo que nos ocasiona una caída de presión del gas, pero inversamente esto provoca un aumento de velocidad en el flujo del mismo, por lo que se observó que debido a la alta velocidad que lleva el gas ocasiona que se deforme la superficie del líquido en el contenedor formando olas y a veces hasta pequeñas burbujas modificando así las condiciones del proceso normal de estañado, además de que la alta velocidad también movía los componentes al chocar el flujo del gas con sus terminales.

Es por estas razones que se decidió no hacer uso de ninguno de estos dos métodos para inyectar el gas.

Habiéndose encontrado con las situaciones ya mencionadas, se pensó que debería de ser un método que no aumentara tanto la velocidad del gas y que no deformara la superficie del baño de soldadura, por lo que se pensó en un difusor, es decir en un material poroso que permitiera la inyección suave y continua formando una "cama" del gas sobre el crisol.

Al investigar sobre diferentes materiales se encontró un material hecho de polvo de acero inoxidable sinterizado, este es un proceso en el que el polvo de acero se compacta junto con otro material llamado "agregado" dándole la forma deseada y una vez lista se introduce a un horno en donde se "cura" para darle la dureza final. El tamaño del poro depende del tamaño del grano del polvo y de la fuerza que se halla utilizado para compactarlo. Este tipo de material se utiliza para disolver gases en líquidos y dado que el tamaño de las burbujas es muy pequeño, la disolución es más eficiente, por ejemplo: para bebidas carbonatadas, remoción de oxígeno en aceites, etc.

Se pensó en que fuera de acero inoxidable para que coincidiera con el material utilizado en el sistema de inertizado, además de que se podría soldar directamente con él.

La forma que se pensó para colocarlo es como se ve en la figura 38.

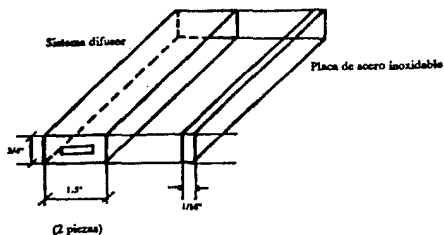


FIG.38 Acoplamiento de inyector y placa (inyector)

Esta pieza debera ir soldada con MIG con extremo cuidado y el terminado debe ser sin esmerilar, ya que cualquiera de estas dos cosas puede llegar a tapan el poro del material y dejarlo inservible (como sucedio al primer intento)

La porosidad que se escogió fue de dos micrones ya que con esta se logró una difusión suave y pareja del gas.

Este material no es fabricado en México, por lo que se tiene que importar de Estados Unidos, el proveedor es:

Mott Metallurgical Co.  
Farmington Industrial Park  
Farmington, Ct. 06032

#### 2.5.2.4 COSTO DE FABRICACION

2 pzas. Acero inoxidable sinterizado 3/4" x X" x 1/16"	\$ 142,500.00
1 kg. Lámina de acero inoxidable 316 1/16" de espesor	\$ 28,000.00
Mano de obra de soldadura MIG para formar los inyectores junto con todo el resto del sistema:	\$ 660,000.00
Equipo de control (válvula de globo, regulador de presión, flujómetro, etc.)	\$1 050,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$1 880,500.00</b>

NOTA: Todos los costos son estimados y no deben ser tomados como una cotización formal.

#### 2.5.3 SEGURIDAD

En este capítulo se analizará como es que se comprueba el nivel de oxígeno así como sus efectos por ausencia del mismo en el ser humano y la seguridad operativa del sistema.

### 2.5.3.1 EFECTO DEL OXIGENO SEGUN SU CONCENTRACION EN EL SER HUMANO

Se asume que los síntomas que a continuación se mencionarán son los que llega a sufrir una persona en descanso en una atmósfera con diferentes concentraciones de oxígeno.

Entre un 21 y un 16 % de oxígeno aún no hay señales de cambio alguno.

Entre un 16 y un 14 % la necesidad de respirar aumenta y la persona lo empieza a hacer más profundamente.

Entre 14 y 12 % la proporción de respirar y los latidos del corazón aumentan y la respiración se hace más difícil.

Entre 12 y 10 % la respiración se hace irregular, hay mareos y un pobre uso de la razón y los labios se ponen azules.

Entre 10 y 8 % hay náuseas y vomito, se pierde el sentido de la razón y la cara se torna palida.

Entre 8 y 6 % trae como resultado la muerte en solo 8 minutos.

En solo 6 minutos la mitad de las personas mueren, el resto se recupera, pero requiere de asistencia médica.

En 4 % ocurre el coma en solo 40 seg., esto es acompañado de convulsiones, paros respiratorios y finalmente la muerte; en esta atmósfera una o dos respiraciones pueden provocar que la persona se desmaye.

Hay que recordar que estos síntomas son los de una persona en descanso, cualquier aumento en la actividad como caminar o subir una escalera, provocará que estos síntomas aparezcan más rápido.

Antes de entrar a algún sitio donde se sospeche que exista una deficiencia de oxígeno, hay que verificar el contenido del mismo con un analizador.

### 2.5.3.2 METODO DE MEDICION DEL NIVEL DE OXIGENO

La concentración de oxígeno en la atmósfera se mide generalmente con analizadores portátiles, los cuales cuentan con alarmas para niveles altos y bajos (según se desée).

En este análisis se utilizó el siguiente analizador:

Marca.- ISD (Industrial Scientific Devices, Inc.)

Modelo.- OX 231'

Lectura mínima.- 0.1%

Alimentación.- 6 v.D.C. (4 baterías "AA")

Alarmas visual y auditiva para bajos niveles de oxígeno, y de baja carga de las baterías.

Proveedor:

Industrial Scientific Devices, Inc  
355 Steubenville Pike  
Oakdale, PA 15071 - 1093

### 2.5.3.3 SEGURIDAD OPERATIVA DEL SISTEMA

Los riesgos que se pueden correr con este sistema de inertizado son prácticamente solo dos:

- Asfixia provocada por ausencia de oxígeno en la atmósfera,
- y
- Riesgo de que los difusores lleguen a explotar debido a las presiones a que se vean sometidos.

Para eliminar al máximo los riesgos antes mencionados, se llevaron a cabo las siguientes pruebas:

#### A) RIESGO DE ASFIXIA.

Se tomaron mediciones de los niveles de oxígeno a distintas alturas sobre el crisol simulado para verificar que se encontrara dentro del rango seguro de operación para los obreros que realizan el estañado.

Se encontró que hasta 17" de altura los niveles variaron entre 2 % y 16 % de oxígeno en la atmósfera sobre el crisol, llegando a un 17 % a 22 " de altura, el flujo que se utilizó para la prueba fué entre 600 y 700 cfh. (VER FIG. 39)



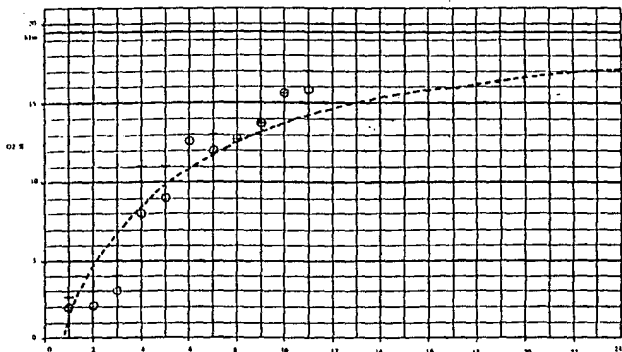


FIG.39 Gráfica de altura vs. O<sub>2</sub> %

Altura (pies)

Segun lo anterior cualquiera de estas mediciones esté por debajo de lo recomendable para el ser humano ya que lo mínimo que se recomienda es que sea de un 19.5 %

Debido a esto se recomienda que el crisol que se vaya a inertizar se encuentre encerrado en una cabina de acrílico ó que el flujo que se maneje sea inferior a 600 cfm para que la difusión del nitrógeno sea más rápida en el aire ya que es más ligero.

En su defecto, en caso de que sea prácticamente imposible encerrar el crisol en acrílico, se recomienda hacer uso de una lámina de acrílico colocada por enfrente del operario en forma inclinada de tal manera que desvíe el flujo del nitrógeno hacia arriba. Como se ve en la FIG. 40

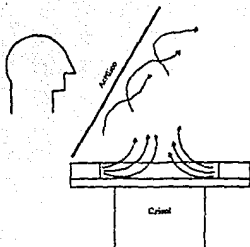


FIG.40 Vista lateral de la placa de acrílico

#### B)RIESGOS DE EXPLOSION

Ya que los difusores estan hechos de dos piezas diferentes soldadas entre si, es lógico pensar que va a llegar un momento en que no soporte la costura de soldadura cierta presión y el material sinterizado se separe de la lámina.

Para determinar cual es la presión máxima de trabajo, se hicieron tres pruebas destructivas de difusores, esto se realizó en un banco para pruebas de presión. Para elevar la presión se utilizó un cilindro de gas, el cual se encuentra presurizado a 2,200 libras, y se utilizó un regulador de presión para bajarla hasta el punto deseado. Esto arreglo se puede ver en la FIG. 41

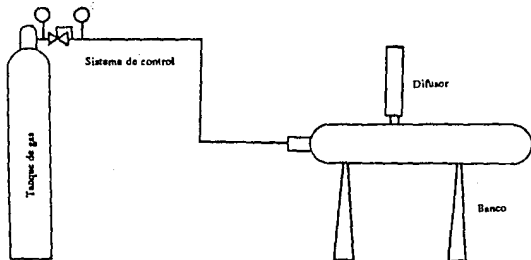


FIG.41 Banco de prueba para elementos a presión

Estos tres difusores fallaron a 290, 300 y 275 libras respectivamente, agregando un factor de seguridad se recomienda no utilizar presiones por arriba de 250 libras para su uso normal.

Se agrega una fotografia de uno de estos difusores, esto es en la FIG. 42.

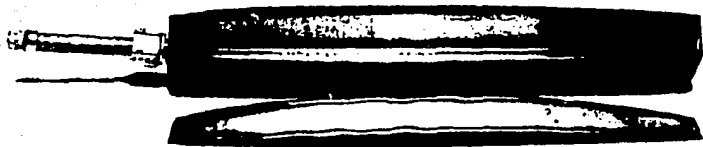


FIG.42 Difusor sometido a prueba destructiva

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

### III. ESTUDIO ECONOMICO DE UN CASO TEORICO

Se supondra que existe una cierta compañía que tiene problemas en su operación de estañado y que está interesada en correr pruebas demostrativas para decidir si acepta el sistema de inertizado.

Esta decisión estará basada en el estudio económico que se hará antes de correr las pruebas, esto con el fin de corroborar los resultados de las pruebas con el estudio presentado con anterioridad y verificar la veracidad de estos con la realidad.

A continuación se dan los datos de la operación de estañado de esta empresa:

Producción:	30,000 unidades / hora
Rechazo:	5 %
Mano de obra:	\$2,500.00 / hora
Horario:	8 hr / día; 22 días / mes
Escoria formada:	22 lb / día @ \$12,300.00/ lb
Retrabajo:	1.5 hr. por 1,000 unidades

**OBJETIVOS DE LA PRUEBA:**                   Reducir la escoria un 90 %  
  Reducir el rechazo a 2 %

#### AHORRO EN ESCORIA:

$(0.9) (25 \text{ lb/día}) (12,300 \text{ \$/lb}) (22 \text{ días /mes}) = 6 \text{ 088,500\$/mes}$

#### AHORRO EN RECHAZOS:

$(30,000 \text{ un/hr}) (0.03) (1.5 / 1,000 \text{ hr/un}) (2,500 \text{ \$/hr}) (176 \text{ hr/mes})$   
 $= 594,000 \text{ \$ / mes}$

**AHORRO TOTAL:**                   6 088,500 + 594,000 = 6 682,500 \$ / mes

**COSTO DE INVERSION:**           \$ 1 880,000.00

**GASTO MENSUAL DE NITROGENO (OPERACION) =**

$(9.5 \text{ m}^3/\text{hr}) (7,250 \text{ \$/m}^3) (176 \text{ hr/mes}) = 2 \text{ 108,000.00 \$/mes}$

**AHORRO TOTAL EN GASTOS OPERATIVOS:**           \$ 6 682,500.00  
  -   \$ 2 108,000.00  
  \$ 4 574,500.00 / MES

**RETORNO DE LA INVERSION:** 1 880,000 / 4 574,500 = 0.41 meses

Como se puede apreciar en este sencillo analisis, este es un sistema que ofrece muchas ventajas tanto operativas como economicas.

Ademas de que es un sistema cuya inversion se paga en muy poco tiempo, gracias a que el ahorro total casi siempre es mucho mayor que los costos operativos del sistema.

Este estudio se tomara como base para los casos reales que se presentarán en el capítulo V.

## IV. MERCADO POTENCIAL PARA ESTE PROCESO EN MEXICO

### 4.1 SITUACION DEL PRODUCTO EN EL MERCADO

Este tipo de aplicacion va encaminado unicamente a los componentes electrónicos que serán usados posteriormente en procesos de ensamble para aparatos electricos.

Ademas unicamente son los componentes que se estañan mediante el proceso de soldadura, ya que aquellos que se estañan por baños electrolíticos no son elegibles para hacer uso del sistema de inertizado.

Muchos de los componentes estañados son para exportar sobre todo a los Estados Unidos. Ademas de que también se usan en el mercado nacional.

Es decir resumiendo, que esta aplicacion del nitrógeno va dirigida a todos aquellos fabricantes de componentes que utilizan crisoles de soldadura para estañar las terminales de los componentes.

### 4.2 DESCRIPCION FISICA DEL PRODUCTO

El producto a comercializar es una armazón de acero inoxidable a través de la cual se hará una inyección de gas para lograr desplazar el oxígeno presente en la atmosfera.

Esta armazón es un diseño estándar segun se muestra en el capítulo correspondiente, aunque es tan grande la variedad existente de crisoles que en algunas ocasiones habrá que hacer diseños para cada caso en particular.

### 4.3 COMPETENCIA

"Competencia generica es la que existe entre diversos productos capaces de satisfacer la misma necesidad básica". (14)

La competencia que existe para este proceso de estañado son varios procesos como: el hacer uso de aceite sobre el baño de soldadura para evitar la formación de escoria aunque este metodo solo se aplica en crisoles que consten de una ola para el estañado, también se podría considerar competencia el uso de fundentes más corrosivos y mejorar de esta forma el terminado del estañado.

Otro tipo de competencia es el de material que se importa ya estañado y que se utiliza para las terminales de los componentes.

#### 4.4. INVESTIGACION DEL MERCADO

##### 4.4.1 PLANTEAMIENTO ACTUAL DE LA SITUACION

Actualmente el mercado de fabricación de componentes que tiene el proceso de estañado por crisoles, no sabe como remediar los problemas que se les presentan, ya que lo único que se conoce hasta ahora es el uso de fundentes más corrosivos, pero como ya se vio esto también acarrea más problemas en lugar de resolver los que ya se tenían. Por lo que muchos fabricantes prefieren "controlar" dentro de cierto rango los errores existentes que meter nuevos con otros métodos.

##### 4.4.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACION

- a) Confirmar la necesidad de los fabricantes de componentes de mejorar su calidad y reducir los costos operativos.
- b) Definir si el mercado potencial es lo suficientemente significativo para que justifique el correr pruebas y posteriormente comercializar el sistema de inertizado.
- c) Poner en claro si la aplicación de un sistema de inertizado se justifica económicamente para el cliente.
- d) Definir cuales son las ventajas del sistema que más le interesan al cliente de entre las que ofrece la aplicación.
- e) Definir el uso de nuevas tecnologías en la industria electrónica en el país.
- f) Conocer la accesibilidad de las compañías electrónicas en México para la introducción de nuevas tecnologías.
- g) Aprovechar la moda de "calidad total" para la implantación del sistema en algunas compañías.

#### 4.4.3 DESARROLLO Y APLICACION DEL PROCESO DE INVESTIGACION

##### 4.4.3.1 HIPOTESIS

Mediante este estudio de mercado se tratara de confirmar la necesidad del mercado de mejorar su calidad de producción así como la necesidad de reducir en lo más posible los costos operativos, todo esto encaminado a la tendencia de producir con cero defectos.

Lo anterior se logrará mediante la introducción en la industria de nuevas tecnologías.

##### 4.4.3.2 DELIMITACION DEL UNIVERSO

El sondeo de mercado se llevara a cabo en las principales regiones industriales del país que es donde se encuentran localizadas el mayor número de empresas en el ramo de la electrónica.

Así pues se tomarán en cuenta las siguientes zonas del país:

- |                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| - ZONA NOROESTE.-      | Tijuana y Mexicali                 |
| - ZONA OCCIDENTE.-     | Guadalajara                        |
| - ZONA NORTE.-         | Monterrey, Matamoros y Reynosa     |
| - ZONA CENTRO.-        | Aguascalientes                     |
| - ZONA METROPOLITANA.- | Estado de México, Distrito Federal |

De las empresas que se contacten, únicamente tienen interés para fines de este estudio, aquellas que se dediquen a la fabricación de componentes electrónicos.

##### 4.4.3.3 DEFINICION DE LA MUESTRA

Se entiende como muestra a las personas con las cuales se van a llevar a cabo las entrevistas para obtener la información necesaria.

Para objeto del presente estudio las personas más adecuadas para obtener la información requerida podrian ser cualquiera de las que a continuación se mencionan:



- Gerente de Planta .
- Gerente de Producción
- Gerente de Ingeniería
- Gerente de Control de Calidad
- Supervisores, Jefes de turno y Operarios

#### 4.4.3.4 JUSTIFICACION DE LA MUESTRA

Se seleccionó al personal que ocupa los puestos antes mencionados, ya que es la gente que está enterada de toda la problemática que existe dentro de una planta productora.

Lo anterior se debe a que continuamente se realizan juntas para localizar los problemas existentes y comentarlos para encontrar posibles soluciones a estos, por lo que la información buscada puede ser proporcionada por la mayoría de estas personas.

#### 4.4.3.5 JUSTIFICACION DEL METODO DE INVESTIGACION

La investigación cualitativa proporciona datos valiosos con rapidez y bajo costo. Ya que en este caso no es suficiente señalar como es la conducta de los consumidores sino que debemos conocer de donde procede o donde se dirige y porque.

"La finalidad de las entrevistas es descubrir motivos ocultos, actitudes y reacciones de los individuos entrevistados y así evaluar estas motivaciones, reacciones y actitudes conocidas para saber lo que quieren y piensan como consumidores o usuarios de los productos y/o servicios y de su utilidad.

Algunas de las ventajas potenciales de las entrevistas son:

1. Las entrevistas son rápidas y baratas, así cuando las condiciones de tiempo y costo son desfavorables es importante utilizar este tipo de métodos.
2. La entrevista acerca mucho más al investigador con los entrevistados y esto incita a una mejor explicación de la información, obteniendo así la retroalimentación.
3. No tiene que limitarse a una lista ecuanime de preguntas. Un buen entrevistador trabaja a partir de un tenario, ampliando las ideas gradualmente a lo largo de la reunión. Así también puede interpretar los gestos, las posturas y el tono de voz del entrevistado.

4. Se sabon facilmente las actitudes que se toman con respecto a nuestro producto y/o servicio.

La valoración que tenga el entrevistador con respecto al problema, depende de la eficiencia de una entrevista. Una vez que los problemas han sido claramente entendidos, es importante ordenarlos en una serie de preguntas, no tanto para aplicarlas a los entrevistados sino más bien para que el entrevistador tenga una guía que lo lleve a obtener los resultados propuestos.

De esta forma, se puede saber si hay un acuerdo con respecto a lo que realmente se quiere investigar y si se han fijado los objetivos específicos. Después se harán algunas notas claves para asegurar que todos los temas importantes son tomados en cuenta.

Es importante proporcionar una idea de los objetivos y los temas a tratar a los entrevistados encaminándolos a donde se quiere llegar." (17)

Considero importante utilizar la justificación anteriormente expuesta, ya que marca detalladamente los pasos que son necesarios seguir para obtener el mayor provecho posible de este procedimiento.

#### 4.4.3.e ENTREVISTA

A continuación se presentan algunas de las posibles preguntas que se le pueden hacer al entrevistado para obtener información:

##### 1. PROCESO

- a) ¿Fabrica componentes o únicamente ensambla?
- b) ¿Estafía sus terminales ó compra material estafiado?
- c) Si las estafía: ¿Qué proceso utiliza para esto?
- d) Si es en crisis: ¿Qué tipo y marca utiliza?
- e) ¿Qué tipo de soldadura y de fundente utiliza?
- f) ¿Está interesado en nuevas tecnologías?

##### 2. CALIDAD

- a) ¿La calidad que tiene actualmente cumple con los estándares a nivel mundial?
- b) En caso negativo: ¿Le interesa mejorarla?
- c) ¿Tienen algún programa de calidad total?
- d) ¿En que consisten sus problemas de calidad?
- e) ¿Existe presupuesto para mejoras en calidad?
- f) ¿Existen problemas de soldabilidad?

### 3. COSTOS

- a) ¿Les interesa disminuir costos operativos con base en la introducción de nuevos métodos en la producción?
- b) ¿Es mucho el costo por la formación de escoria?
- c) ¿Han hecho alguna evaluación de costos de calidad?

### 4. PRUEBAS

- a) ¿Estaría interesado en correr pruebas demostrativas de un nuevo proceso?
- b) ¿Existe presupuesto para mejoras tecnológicas?
- c) ¿Estaría dispuesto a introducir un nuevo sistema a su proceso en caso de que las pruebas demuestren ser positivas?

#### 4.4.3.7 RESULTADOS

##### 1. PROCESO

Se encontró que de los fabricantes de componentes entrevistados el 90 % estaña las terminales de los dispositivos con el proceso de soldadura en crisoles, el restante 10 % importa los rollos de alambre estañado y únicamente los corta a la medida para ser ensamblados o bien estaña por el método de electrólisis.

Las soldaduras más utilizadas son marca Kester en dos principales aleaciones 63 % Pb y 37 % Sn; o bien 60 % Pb y 40 % Sn.

Se comprobó que la mayoría de la industria electrónica que existe en el país es únicamente ensambladora y en su mayoría son maquiladoras, esto es que los kits de ensamble llegan preparados del país de origen y que aquí únicamente se ensamblan los componentes y se sueldan, para que posteriormente las tarjetas ensambladas sean devueltas al país de origen para el ensamble final. Este tipo de empresas abundan en la frontera norte de México.

Por lo que respecta a fundentes, los más utilizados son los resinosos medio activos y los solubles en agua.

Por lo que toca a nuevas tecnologías, se encontró que si existe interés por parte de los fabricantes, pero siempre con el recelo natural de aceptar algo nuevo que no se esté utilizando en otra parte.

##### 2. CALIDAD

Durante las entrevistas, fue evidente que la mayoría de los fabricantes tienen buena calidad en sus procesos, pero esto no quiere decir que no se pueda mejorar más aún, ahora que la mayoría de las empresas cuenta con programas de calidad total y de cero defectos.

Aún así los problemas que presentan son muy posibles de mejorar con el proceso en estudio ya que la mayoría de las compañías tienen como defectos picos y banderas de soldadura, así como puenteo entre las terminales.

### 3. COSTOS

Fue obvio que todos quieren disminuir costos pero muchas veces no quieren hacer ningún cambio ó gasto para lograrlo, lo que hace la mayoría de las veces prácticamente imposible lograrlo.

Por formación de escoria llega a variar bastante el costo, así en unas empresas es muy poca mientras que en otras llega a ser uno de los principales costos operativos de este proceso.

Por lo que respecta a la evaluación de los costos de calidad, la mayoría de las empresas no presta atención a estos, solamente han evaluado sus costos operativos, los cuales tratan de que se mantengan dentro de cierto rango que ellos consideran "normal".

### 4. PRUEBAS

Lo que se encontró al respecto fue que la mayoría de las personas presentan la famosa resistencia al cambio, es decir el típico "Si así me ha funcionado por años, porque he de intentar algo nuevo ó diferente" ó también "¿Ya lo ha implantado alguien más en su proceso?".

Lo anterior se ve contrarrestado con todas las ventajas que ofrece el nuevo sistema, lo que abre un poco más a las personas y permite la posible aceptación para correr pruebas demostrativas. Y dependiendo del resultado de estas la implantación definitiva del sistema a su proceso normal de fabricación.

## 4.4.3.8 CONCLUSIONES

### 1. PROCESO

De aquí se puede ver que el mercado potencial para la aplicación del sistema propuesto es bastante grande, lo que justifica que se invierta un poco más de tiempo y dinero en la difusión del mismo para llegar a tener varios sistemas en funcionamiento.

Se ve también que los materiales que se utilizan son de los llamados estándar, es decir que no se tienen que hacer posteriores investigaciones en caso de que se tratara con algún material especial.

## 2. CALIDAD

Aún cuando la mayoría de los fabricantes tiene buena calidad, se puede mejorar bastante, ya que lo que ellos consideran bueno es tener un número aceptable de rechazos en lugar de tratar de eliminarlos al máximo.

El sistema propuesto encaja en la mayoría de estas empresas, ya que los defectos que llega a evitar en la mayor parte de los casos son considerados como normales, ya que no se sabía que existiera algún sistema ó dispositivo que los pudiera evitar.

## 3. COSTOS

Por lo que a esto respecta, el sistema puede disminuir mucho los costos con una inversión bastante pequeña. Llegando a ser en ocasiones justificable únicamente con la reducción en la formación de escoria.

Ademas de que con la reducción en la mano de obra de retoque se puede llegar por debajo de lo que la gente llamó "costos normales".

## 4. PRUEBAS

Aún cuando al principio lo primero que se encuentra es una negativa durante la entrevista, al ir exponiendo las ventajas del sistema, el entrevistado se vuelve más accesible y su interés por el nuevo sistema aumenta, llegando finalmente a aceptar correr un período de pruebas ó a que por lo menos se le presente una propuesta por escrito para que la muestren a más gente y se evalúe un posible período de pruebas.

### 4.4.3.9 RECOMENDACIONES

Una vez que se han evaluado las entrevistas y se han sacado conclusiones de las mismas, se recomienda llevar a cabo lo siguiente:

1. Continuar con la promoción de la aplicación expuesta.
2. Publicar folletos técnicos en los que se explique en pocas palabras las ventajas de esta aplicación.
3. Lograr obtener la aprobación para correr pruebas y demostrar que el sistema de verdad trabaja como se dice.
4. Publicar junto con la compañía que corrió la prueba un folleto en el cual se expongan los resultados reales logrados.

5. Capacitar gente para que se promueva el sistema propuesto a nivel nacional.
6. Hacer incapie en que es un desarrollo nacional y que como tal hay que fomentarlo.

## V. RESULTADOS OBTENIDOS A LA FECHA

El plan de comercialización para esta aplicación se pensó de la siguiente manera:

Primeramente aprovechando la relación existente se debería hacer la promoción de la aplicación con clientes cautivos los cuales ya utilizaran el nitrógeno en su proceso y que por lo tanto el costo operativo del sistema fuera bastante bajo para que se justificara económicamente la implantación del mismo, dado el volumen del gas usado y a la vez poder comprobar los beneficios y ahorros del mismo.

Una vez que se lograra obtener el compromiso para correr la primera prueba, llevarla a cabo tratando de optimizar al máximo el uso del nitrógeno y corrigiendo las fallas que pudieran surgir durante el transcurso de la prueba.

Después de realizada esta prueba y con los datos y experiencia acumulados durante su ejecución se promovería con otros clientes y con los prospectos detectados y de esta forma lograr la implantación de varios sistemas.

NOTA: Los nombres de las empresas así como las localidades en donde se encuentran establecidas no se pueden dar por tratos de confidencialidad con las mismas.

### 5.1 PRIMERA PRUEBA

Los objetivos para cada una de las pruebas fueron previamente establecidos con las áreas involucradas para poder ser evaluados posteriormente, se podrá ver que en cada caso fueron diferentes ya que los requerimientos de calidad de cada empresa así como los problemas existentes también lo son.

El primer compromiso de prueba se logró obtener con una compañía que ensambla tarjetas electrónicas, en su mayoría para relojes digitales los cuales se instalan en varias marcas de automóviles tanto a nivel nacional como internacional.

Esta prueba aunque no fue en una empresa fabricante de componentes electrónicos sino en una empresa ensambladora de tarjetas de circuito impreso, se decidió llevar a cabo ya que serviría para desarrollar y mejorar el sistema de inertizado. Además de que la operación de soldadura se realiza manualmente en crisoles rectangulares lo cual facilita en gran manera el inertizado de los mismos.

Para evaluar mejor la prueba se corrieron dos crisoles en paralelo con el mismo tiempo de uso, mismo tipo de tarjeta, etc. uno de ellos inertizado con nitrógeno y el otro en atmósfera normal.

#### OBJETIVOS DE LA PRUEBA

El principal objetivo de la prueba fue el determinar que el uso del gas nitrógeno como atmósfera inerte en el proceso de soldadura manual garantiza una mejor calidad del producto, a través de los siguientes objetivos específicos:

- Mayor brillantez de la soldadura
- Menor formación de picos y banderas
- Mayor fluidez de la soldadura
- Lograr un nivel de oxígeno menor al 5 %

y como beneficios resultantes:

- Menor formación de escoria ( > consumo de soldadura)
- Menor carbonización del fundente ( > tiempo limpieza)
- Reducción del tiempo de inspección
- Reducción del tiempo de retoque

El consumo esperado es de 575 m<sup>3</sup> / mes.

#### DATOS DE LA OPERACION

Fundente :	Soluble en alcohol
Soldadura :	Sn 60 %, Pb 40 %
Tiempo inmersión :	8 seg.
Proceso :	Manual

#### EQUIPO PARA EL SISTEMA DE INERTIZADO (Ver FIG. 43)

- 1 Válvula de globo de bronce 1/2 "  $\phi$
- 1 regulador de presión 0 a 250 cfh; 1"  $\phi$
- 1 placa de orificio de 3/64"  $\phi$  de 50 a 180 cfh
- 2 manómetros
- 1 difusor para nitrógeno



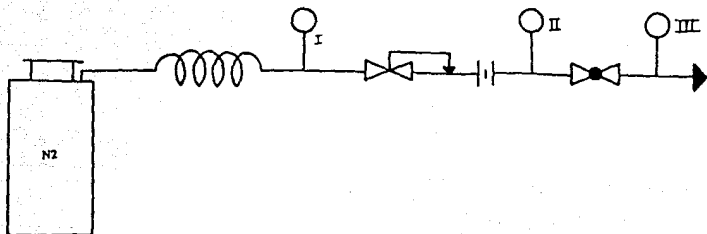


FIG.43 Sistema de control de flujo y presión

#### CONDICIONES DE OPERACION

- 1) La presión en el manómetro I + 14.7 lb/in<sup>2</sup> debe de ser el doble ó más de la presión en el manómetro II + 14.7 lb/in<sup>2</sup>.
- 2) La presión en el manómetro III indica la presión de operación de los difusores (0.5 a 1 kg / cm<sup>2</sup>).
- 3) El flujo se leyó de la FIG. 44 recta No. 4 y se dividió entre 1.1 que es el factor de ajuste cuando se usa nitrógeno, tomando como referencia el manómetro II

#### RESULTADOS

Los resultados finales se puede decir que fueron satisfactorios, ya que se lograron alcanzar los objetivos previamente planteados.

Los niveles de oxígeno logrados fueron entre 6 y 4 % sobre el crisol.

En la siguiente tabla se pueden observar los datos de los resultados logrados.

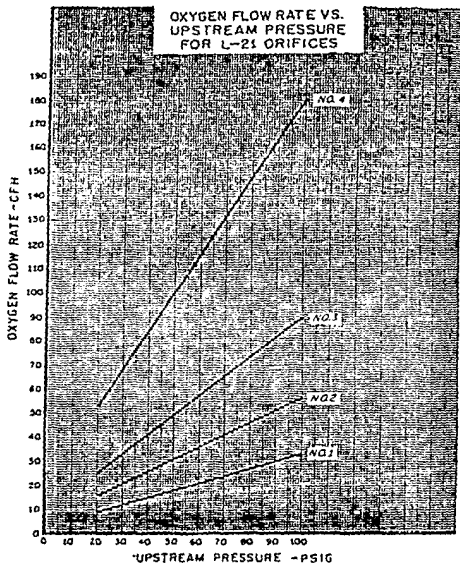


FIG.44 Gráfica de la placa de orificio



PARAMETRO	CON N2	SIN N2	RESULTADOS
Formación de escoria grms / 8 hrs.	133	201.44	-34 %
Reducción del tiempo de limpieza en horas	0.6	1.0	-40 %
Piezas producidas en 8 hrs.	1236	1236	
Formación de picos y/o banderas	8	10	-13 %
Escasez de soldadura	83	124	-27.3 %
Brillantez	muy buena	buena	superior
Flujo de N2 (cfh)	100		
Presión de N2 (lb/in2)	18.5,		

Estos resultados anteriores son el promedio de 4 días de operación durante un turno de 8 horas cada uno.

#### ANALISIS ECONOMICO

- Consumo de N2:  
 $100 \text{ ft}^3 / 4 \times 8 \text{ hrs.} = 800 \text{ ft}^3$   
 $800 \text{ ft}^3 \times 1 \text{ m}^3 / 35.315 \text{ ft}^3 = 22.65 \text{ m}^3$
- Costo del N2:  
 $1 \text{ m}^3 \text{ de GN2} = \$ 5,419.79$   
 $\$ 5,419.79 / \text{m}^3 \times 22.65 \text{ m}^3 = \$ 122,758.24$
- Costo del N2 por tarjeta producida:  
 $\$ 122,758.24 / 1,236 \text{ pza.} = 99.31 \$ / \text{pza.}$
- Costo de la soldadura:  
 $\$ 15,155.60 / \text{kg.}$

	C/N2	S/N2	AHORRO
Consumo de soldadura	1.5 kg	3 kg	1.5 kg
Costo de soldadura por pieza producida	18.39\$/pza.	33.88\$/pza.	15.48\$/pz

Costo de M.O  
(lavado + retoque)                      7.2\$/pza.              20.0\$/pza.              12.8\$/pza

Ahorro total:                      15.48 + 12.8 = 28.28 \$ / pza.

Costo N2 - Ahorro total = 99.31 - 28.28 = 71.03 \$ / pza.

#### CONCLUSIONES

Como se puede ver en el ahorro total no llega a cubrir el costo del empleo de nitrógeno, lo que quiere decir que nunca habría recuperación de la inversión y que por lo tanto la diferencia sería un costo que habría que agregársele al producto final teniendo como consecuencia disminuir la utilidad ó incrementar el precio del producto.

A este costo adicional le podríamos llamar "Costo de calidad" y la implantación final del sistema depende de hasta que punto esta empresa está dispuesta a invertir en calidad del producto.

Finalmente la empresa en cuestión decidió que no podía agregar este costo a su proceso dando por finalizadas las pruebas.

#### 5.2 SEGUNDA PRUEBA

Esta segunda prueba se realizó en una empresa que fabrica relevadores y supresores los cuales en su mayoría son para exportación.

De estos componentes se estafan tanto las terminales de los relevadores como las de algunos supresores.

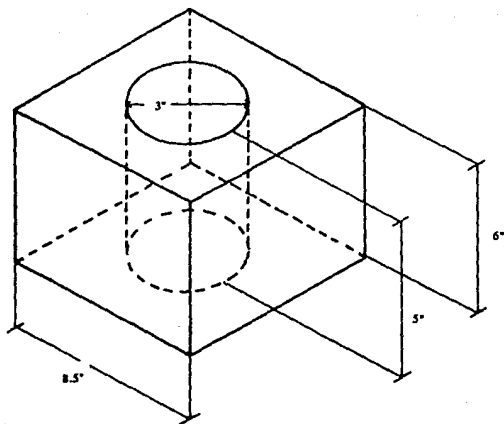
Para correr la prueba únicamente les interesó tratar con cierto tipo de supresores que no pasaban la prueba militar de soldabilidad en los Estados Unidos de Norteamérica.

#### OBJETIVOS DE LA PRUEBA:

- Mayor brillantez
- Eliminación de picos ó puntas de lápiz
- Lograr el nivel de soldabilidad requerido
- Alcanzar un nivel de oxígeno menor a 5 %

**DATOS DE LA OPERACION.**

Fundente: Soluble en alcohol  
Soldadura: Sn 60 % ; Pb 40 %  
Vel. de inmersión: 10 Pulg./seg.  
Vel. de emersión: 10 Pulg./seg.  
Tiempo de permanencia: 600  $\pm$  100 mseg.  
Crisol cilíndrico según FIG. 45  
Proceso: Semi-automático



**FIG.45** Crisol cilíndrico con caja de asbesto

## EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE INERTIZADO

1. Válvula de globo de bronce 1/2"  $\nabla$
1. Flujómetro para gas nitrógeno
2. Difusores para nitrógeno
1. Cubierta de aluminio
- Tubo Polyflow de 1/4"  $\nabla$

No fue necesario el uso de regulador de presión ya que la línea de distribución existente está presurizada a 50 lbs.

## CONDICIONES DE OPERACION

Para establecer las condiciones para arrancar el sistema únicamente se reguló el flujo de gas con la válvula de globo según el siguiente diagrama. (FIG. 46)

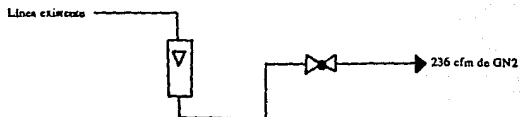


FIG.46 Sistema de control de flujo

El estafado de las piezas se lleva a cabo por efecto de un brazo neumático en el cual se montan los componentes y los introduce al crisol. (Ver FIGURAS 47a y 47b)

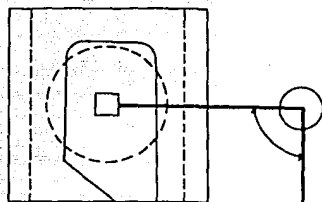
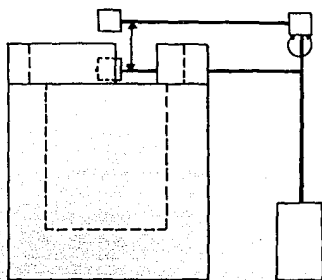


FIG.47 A) Vista superior del crisol con portadispositivos



B) Vista lateral



## RESULTADOS

Debido a que este tipo de componentes así como mucha información los tienen clasificados como confidenciales, no nos fueron proporcionados datos suficientes para poder hacer un análisis detallado de la prueba y determinar su rentabilidad y costos operativos del sistema.

A pesar de lo mencionado en el párrafo anterior podemos suponer que, dado los buenos resultados obtenidos mediante la prueba y el incremento en su consumo mensual (17,000 m<sup>3</sup> + 500 m<sup>3</sup>) de nitrógeno, es muy pequeño comparado con el costo promedio existente, por lo que este casi no varía; se decidió adoptar el sistema de inertizado para estañar las terminales de este tipo de supresores y dado la alta producción de los mismos, el costo adicional al proceso debe de ser casi despreciable.

Lo único que se pudo obtener fueron los siguientes comentarios:

- Se logró un acabado del estañado más terso y brillante.
- Los componentes estañados pasaron la prueba militar de soldabilidad en los Estados Unidos.
- Desaparecieron casi en su totalidad los picos ó puntas de lápiz.

## CONCLUSIONES

Se puede ver una vez más que el sistema de inertizado sobre crisoles de soldadura y/o estañado logra buenos resultados tanto en calidad como en ahorros (se supone que los debió de haber habido en mano de obra y proceso de materiales así como en formación de escoria).

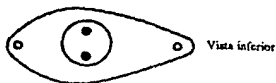
Ahora bien, debido al alto grado de secrecía de procesos y materiales que existe dentro de la industria electrónica, no se pudieron conseguir datos exactos para una correcta evaluación de la prueba la cual tuvo una duración de una semana. Pero dado que decidieron adoptar el sistema para introducirlo en su proceso, suponemos que los resultados de la evaluación realizada por ellos fueron buenos.

## 5.3 TERCERA PRUEBA

El tercer compromiso de prueba se obtuvo de una compañía que fabrica componentes electrónicos como lo son transistores de mediana y alta potencia así como circuitos integrados encapsulados

en dispositivos de dos ó tres terminales; como los que se pueden ver en la figura 48.

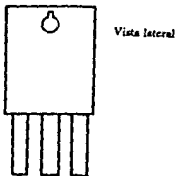
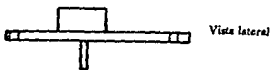
Transistor de alta o mediana potencia



Regulador de voltaje



FIG.48 Componentes utilizados en la prueba



De toda su producción exportan cerca del 90 %

Esta tercera prueba la podemos subdividir en prueba A y prueba B ya que primeramente se intentó probar en la línea de producción de circuitos integrados de tres terminales y más tarde en la línea de producción de transistores.

## PRUEBA A

### OBJETIVOS DE LA PRUEBA:

- Lograr reducir la formación de escoria.
- Lograr un mejor acabado visual en las terminales del componente.
- Menor carbonización del fundente (reducción del tiempo de limpieza)

### DATOS DE LA OPERACION

- Fundente: Soluble en alcohol
- Soldadura: Sn 63 %, Pb 37 %
- Tiempo de inmersión: 2 segundos
- Proceso: Automático
- Máquina: IDEYA L-605

### EQUIPO PARA EL SISTEMA DE INERTIZADO (FIG. 49)

- 1 Regulador de presión.
- 1 Fluómetro para nitrógeno.
- 1 Válvula de globo de  $1/2'' \phi$
- Tubo Polyflow de  $1/4'' \phi$
- 2 Difusores de nitrógeno .



FIG.49 Sistema de control de flujo y presión

### CONDICIONES DE OPERACION

Para instalar los difusores de nitrógeno se pensó en el siguiente diseño:

Colocar un difusor a cada uno de los lados más largos de crisol para así inertizar la totalidad de la superficie del baño de soldadura, como se ve en la fig. 50

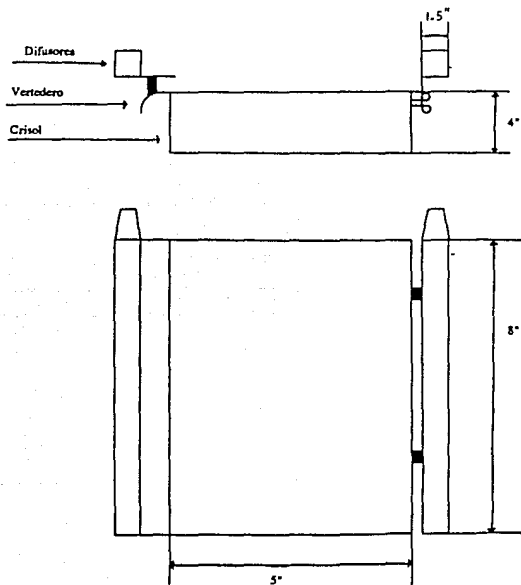


FIG.50 Crisol con el sistema de inyección

Como se aprecia el difusor del lado izquierdo está un poco levantado por unos tornillos ya que de ese lado se encuentra el vertedero por el cual se hace derramar la escoria formada. Esta escoria es arrastrada hasta el vertedero por un peine el cual, antes de cada operación de estañado limpia la superficie del baño de soldadura para evitar en lo posible que llegue a afectar el acabado final del componente.

Esta máquina tiene un sistema de extracción de humos colocado como se puede ver en la fig. 51

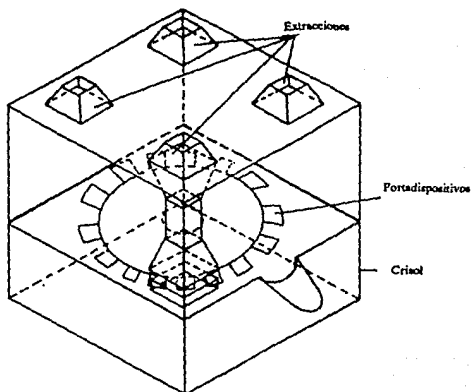


FIG.51 Máquina IDEYA de estañado

Se puede observar que exactamente sobre el crisol a una altura de 15 cms. se encuentra colocada una campana extractora con una fuerza de sople bastante alta.

El difusor del lado derecho se fijó con dos escuadras metálicas soldadas al difusor y atornilladas al crisol.

## RESULTADOS

Una vez que el sistema estuvo instalado y se inició la operación del mismo junto con el proceso de estafado se tuvieron varios problemas que a continuación se mencionan:

En este tipo de máquinas al realizarse la operación de estafado, el crisol que está montado en un cilindro neumático sube hacia los componentes y posteriormente desciende para permitir que la máquina gire para otra operación de estafado, debido a este continuo movimiento, el vertedero de escoria se venció debido al peso del difusor bloqueando de esta manera el espacio que se había dejado para el escurrimiento de la escoria, no permitiendo que ésta fuera desalojada del crisol y acumulándola en ese extremo, lo que ocasionó que la misma escoria llegara a tocar el difusor tapándolo en ciertas secciones.

Por otro lado en este tipo de componentes se tiene que utilizar un fundente bastante activo además de que se les aplica bastante del mismo, lo que provoca que al llegar el componente a ser estafado, al momento de tocar la soldadura se provoca que salpiquen gotas del fundente debido a la alta temperatura a la que se encuentra la soldadura.

Estas gotas de fundente alcanzaron a caer sobre los difusores, después de lo cual se formaba una espuma sobre ellos bloqueándolos y evitando la correcta difusión del nitrógeno.

Otro gran problema que se experimentó fue que debido a la gran cantidad de fundente que llevan los componentes al tocar el baño de soldadura, se provoca la formación de mucho humo en la máquina estafadora, por lo que su sistema de extracción de gases es muy fuerte, aunado a esto se instaló una extensión en un tubo extractor, sobre el extremo del cual se instaló la campana mencionada anteriormente.

Esto provocaba que la fuerza de la succión de la extracción arrastrara el nitrógeno casi inmediatamente hacia arriba en dirección de la campana; Ver FIG. 52

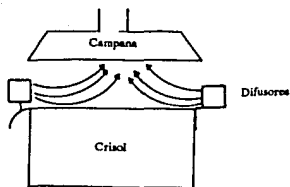


FIG.52 Campana de extracción sobre el crisol

Lo que ocasionaba un inertizado muy pobre sobre el baño de soldadura.

Se procedió a tomar lecturas de la concentración de oxígeno sobre el crisol, inyectándose el nitrógeno a 15 lbs. de presión, se observó que el porcentaje de oxígeno presente oscilaba entre 14 y 16 %, es decir solamente se redujo entre un 5 a 7 % de la concentración normal.

Para seguir observando los efectos del sistema de extracción se procedió a tapan la succión de la campana con papel aluminio, obteniéndose exactamente los mismos resultados.

Posteriormente se retiró el tubo de extensión junto con la campana y los resultados fueron idénticos, además esta condición provocaba que dentro de la máquina la concentración de humo se elevara hasta un nivel en el que los obreros podrían quejarse y en consecuencia podría haber problemas con el sindicato, por lo que tampoco se podía disminuir la fuerza del soplo de extracción.

Debido a todo lo anteriormente mencionado se decidió dar por finalizado el intento de inertizar esta máquina.

## PRUEBA D.

### OBJETIVOS DE LA PRUEBA

- Alcanzar una concentración de oxígeno cercana al 1 %
- Lograr reducir la formación de escoria
- Lograr un mejor acabado visual de las terminales de los componentes
- Menor carbonización del fundente (reducción del tiempo de limpieza)
- Disminuir el número de salpicaduras de soldadura en el cuerpo de los transistores
- Disminuir el número de picos y bolas de soldadura en las terminales de los transistores

### DATOS DE LA OPERACION

Fundente:	Soluble en alcohol
Soldadura:	Sn 63% ; Pb 37%
Tiempo de inmersión:	2 seg.
Proceso:	Automático
Máquina:	IDEYA 606

### EQUIPO PARA EL SISTEMA DE INERTIZADO (FIG. 53)

- 1 regulador de presión
- 1 flujómetro para nitrógeno
- 1 válvula de globo de 1/2"  $\phi$
- tubo Polyflow de 1/4"  $\phi$
- 2 difusores de nitrógeno

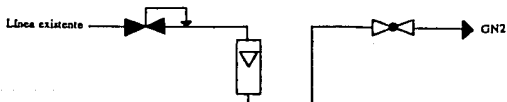


FIG.53 Sistema de control de flujo y presión



## CONDICIONES DE OPERACION

Dado los resultados obtenidos durante la primera prueba, se decidió cambiar el diseño del sistema de inyección como se muestra en la FIG. 54 a), b), c) y d)

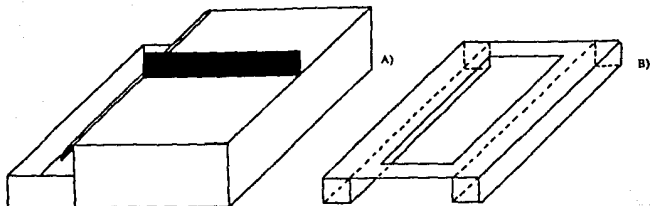
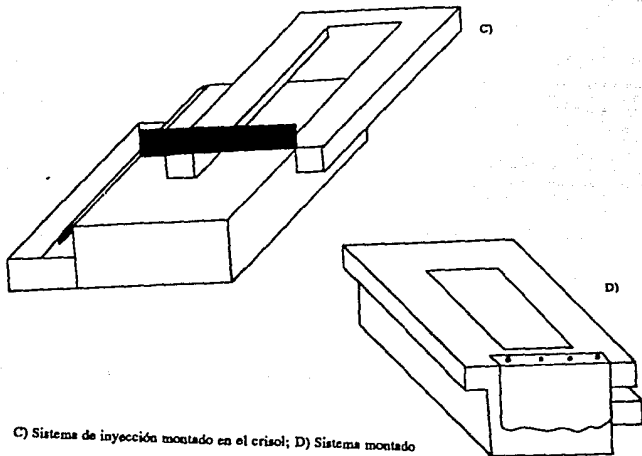


FIG.54 A) Crisol original; B) Sistema de inyección de GN2.



C) Sistema de inyección montado en el crisol; D) Sistema montado visto del interior de la máquina

Este sistema de inyección fue modificado de tal forma que se busca un mayor tiempo de residencia del nitrógeno sobre el baño de soldadura logrando así un mayor inertizado.

Como se dijo anteriormente esta prueba se realizó en la línea de transistores de media y alta potencia, ya que esta máquina no cuenta con un sistema de extracción tan potente como la anterior, por lo que se facilita la tarea de inertización de la superficie del crisol.

En esta línea de producción se trabaja con componentes que cuentan con terminales de diferentes diámetros. Estos diámetros son de 30, 40 y 60 milésimas de pulgada.

El sistema de inyección del nitrógeno se diseñó tomando como experiencia los problemas que se tuvieron en la prueba anterior y para evitarlo se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- Para evitar que se obstruya el vertedero por donde se desaloja la escoria, se pensó en que el inyector de ese lado debería de ir volado para que no se venciera el soporte que lo sostenía.

- El sistema de inyección debería de cubrir la mayor superficie posible de la parte superior del crisol, dejando únicamente el espacio necesario para dejar el paso libre a los dispositivos a estañar.

- Ya que el difusor del lado del vertedero estaría volado todo el sistema de inyección se deberá de sostener del lado opuesto ya que será de una sola pieza.

- Se aprovechará la lámina que tiene el crisol para separar el lado donde se lleva a cabo el estañado de donde se alimenta la soldadura; con el fin de mantener el espacio a inertizar lo más cerrado posible.

## RESULTADOS

Una vez que la cámara de inertizado estuvo instalada se procedió a tomar lecturas de la concentración de oxígeno justo en el centro del crisol que es donde sería más difícil lograr una concentración baja. FIG. 35

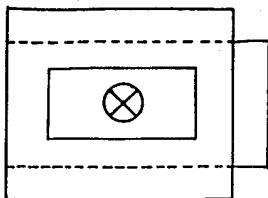


FIG.55 Punto de medición del nivel de O2

Con estas mediciones se comprobó que la mínima concentración posible de lograr era del 6 %, con esto se vió que era necesario cerrar más la cámara y reducir al máximo todas las entradas del aire hacia la superficie del crisol.

Después de observar cuales eran estas entradas, se concluyó que había una demasiada grande como para dejarla en las condiciones existentes. Esta entrada se encontraba entre el crisol y la lámina de la cámara de inertizado justo del lado por donde se encuentra el mecanismo para el peine removedor de escoria, del cual no se podía eliminar su funcionamiento, por lo que se tuvo que pensar en algo que ayudara a cerrar ese espacio pero que a la vez permitiera el funcionamiento del removedor de escoria.

Dado la alta temperatura que existe en el crisol tenía que ser un material no flamable y a la vez flexible para que no interfiriera con el movimiento del peine.

Después de investigar y preguntar se supo que la compañía Du Pont es productora de una fibra llamada NOMEX la cual no es flamable y soporta altas temperaturas antes de consumirse, pero ahora surgió la interrogante: ¿Esta fibra no afecta a los componentes electrónicos debido a cargas estáticas que pudieran existir? Por lo que inmediatamente se investigó en los EUA al respecto.

Después de haber investigado con Du Pont se encontró que una compañía en Georgia fabrica una fibra llamada "Tela de Faraday", este nombre lo recibe ya que es un compuesto de 75 % fibra NOMEX y 25 % fibra de acero inoxidable, lo que la hace ideal para

ser usada en la industria electrónica en procesos en los que se requiera proteger a los componentes de cargas estáticas y que a la vez se tenga que soportar altas temperaturas.

Esta fibra fue la que se eligió para cubrir el espacio anteriormente mencionado, evitando de esta manera que el nitrógeno escapase tan fácil de la cámara de inertizado.

Una vez realizada esta modificación, para conocer el perfil de comportamiento de la cámara ya montada y bajo condiciones de operación normal, se hicieron lecturas de la concentración de oxígeno en el centro del crisol, variando el flujo de nitrógeno, de donde finalmente se obtuvo la siguiente tabla:

Flujo	30 cfh	90	160	210	250
% O <sub>2</sub>	5.5	4.6	4.0	6.0	7.0

Como se puede observar la concentración más baja que fue posible obtener fue de 4.0 % con un flujo de 160 cfh con una presión constante de 60 psi.

Los mismos resultados representados en una gráfica se ven como sigue a continuación: (FIG. 56)

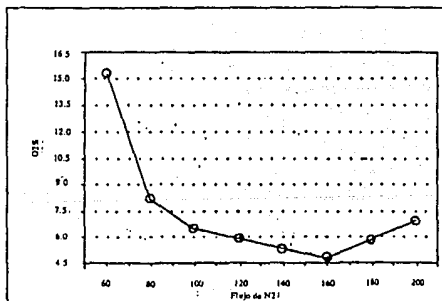


FIG.56 Gráfica de O<sub>2</sub> vs. Flujo de N<sub>2</sub>

Analizando estas mediciones se ve que la concentración de oxígeno empieza a disminuir conforme se va incrementando el flujo de nitrógeno hasta llegar a un punto en el que se vuelve a elevar el nivel de oxígeno mientras se continúa incrementando el flujo.

Lo anterior se debe a que la velocidad de salida de nitrógeno se va aumentando conforme se va incrementando el flujo de nitrógeno hasta alcanzar una velocidad tal que se llega a formar un efecto Venturi (ver Anexo C), por lo que arrastra aire hacia el interior de la cámara de inertizado, por los espacios libres que existen, ver FIG. 57

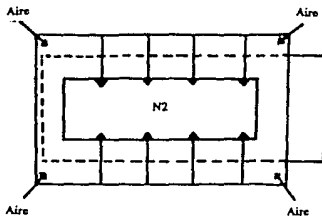


FIG.57 Efecto Venturi

Después de haber realizado las mediciones anteriores surgió la siguiente incógnita: ¿qué sucedería si se incrementaba la presión de inyección de nitrógeno manteniendo el flujo constante?

Para realizar esta prueba se decidió hacer uso de un cilindro de alta presión los cuales están cargados con nitrógeno gas a una presión de 2,200 libras. Haciendo uso de un regulador de presión esta se varió desde 60 libras hasta 120 libras manteniendo un flujo constante de 160 cfh ya que con este fue que se obtuvo la mínima concentración de oxígeno en el crisol.

Luego de realizar las mediciones correspondientes se obtuvieron los siguientes resultados. FIG. 58

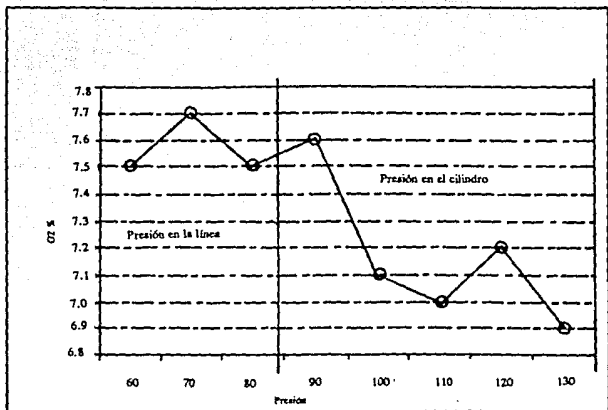


FIG.58 Gráfica de O2 % vs Presión de N2 (PSI)

De esta gráfica podemos concluir lo siguiente:  
 Que en un rango de 70 libras en el cual se varió la presión de inyección del nitrógeno (60 - 130 libras) la concentración de oxígeno únicamente varió en 8 décimas porcentuales.

- Las mediciones no muestran una repetibilidad por lo que la confiabilidad es baja.

- En resumen se puede decir que la variable presión no aporta mejora alguna en la concentración de oxígeno en la atmosfera del crisol.

Una vez que se tuvieron reunidos todos los datos de las anteriores mediciones y observado que no nos fué posible lograr concentraciones menores a un 4.0 % de oxígeno, se tomó la determinación de iniciar la prueba con las siguientes mediciones:

Flujo de gas nitrógeno	= 160 cfh
Presión de gas nitrógeno	= 60 psi
Concentración mínima de O2	= 4 %

Inicialmente se propuso trabajar en la máquina por una semana, probando con tres clases diferentes de componentes los cuales diferían en el diámetro de sus terminales y estos eran de 30, 40 y 60 milésimas de pulgada.

Para esta prueba la producción se dividió en dos partes iguales y cada una de estas se iba a estañar en dos máquinas colindantes; una con el sistema de inertizado en funcionamiento y otra operando normalmente, durante la semana que durara la prueba se reuniría la escoria producida en cada una de las máquinas para compararse al final de la prueba.

Los criterios a calificar fueron los siguientes:

- Picos de soldadura formados
- Bolas de soldadura formados
- Escoria generada

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en la máquina que utilizó el sistema de inertizado:

FLUJO	DIAMETRO	PICOS	BOLAS	No. PZAS
160cfh	60 mil	0	0	500
160cfh	40 mil	2	2	3,500
160cfh	30 mil	3	0	3,500

Cabe hacer notar que en la máquina Ideya 605 se observó que los defectos en los dispositivos de 60 milésimas fue de 100% es decir que todos los transistores presentaron al menos un defecto. Y en los dispositivos de 30 y 40 milésimas la concentración de picos y bolas fue de aproximadamente del doble que con nitrógeno.

Respecto a la escoria formada en la máquina IDEYA 606 (c/nitrógeno) y la formada en la máquina IDEYA 605 (s/nitrógeno) se encontró lo que a continuación se muestra:

Ideya 606 = 240 gr/turno  
Ideya 605 = 400 gr/turno

La diferencia es de 160 gr / turno, lo que viene a representar un 40 % de ahorro por formación de escoria.

Luego de que se comprobó que aún a pesar de que no se alcanzó el nivel de oxígeno que se requería alcanzar (de aproximadamente 1 %) se obtuvieron resultados excelentes, se decidió correr otro período de pruebas pero esta vez se haría de la siguiente manera:

Una semana se trabajaría con el sistema de inertizado en la máquina 606 y después en la misma máquina se trabajaría otra

semana pero sin el sistema de inertizado, tomando muestras de fallas cada hora, para al final de estas dos semanas hacer un comparativo de ambos sistemas y decidir finalmente si se implanta el sistema a su proceso normal.

En la FIG. 59 se aprecian claramente los resultados obtenidos durante este periodo de pruebas en el cual unicamente se trabajo con dispositivos de 30 y 40 milésimas de pulgada:

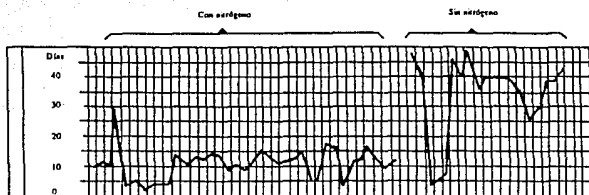


FIG. 59 Gráficas del número de defectos por día.

Dado que de estas gráficas es evidente la mejora que sufre el proceso mediante el uso del nitrógeno, se decidió suspender el muestreo de la semana durante la que no se estaba haciendo uso de él.

Otra ventaja que se observó fue que durante la semana en la que se utilizó nitrógeno fue posible disminuir la temperatura del crisol en unos 4 a 5 °C sin que llegara a afectar el acabado de los dispositivos, esto se traduce en un ahorro de energía eléctrica, el cual no se había planeado que existiera.



## ANALISIS ECONOMICO

### Consumo de nitrogeno:

160 cf/hr x 16 hr	=	2,500 cf/día/máq.
2,400 cf x 2 máq.	=	4,800 cf/día
4,800 cf/día x 2.5 día/mes	=	120,000 cf/mes
		3,400 m3/mes

- Piezas producidas por mes = 2'100,000 unidades

Consumo actual	=	700,000 m3
Consumo adicional	=	6,800 m3
Total	=	706,800 m3

- Precio promedio por metro cúbico = \$ 340. = / m3

- Costo adicional por pieza =  $3,400 \times 340 / 2'100,000$   
 = 0.55 \$/pza.  
 = 0.0002 usd/pza

Los resultados finales se pueden resumir en la siguiente tabla:

	CON N2	SIN N2	RESULTADOS
Formación escoria grs / 8 hrs	240	400	- 40 %
Reducción en tiempo de limpieza	1	1	IGUAL
Formación de picos.	0.15%	20.56%	- 99 %
Formación de bolas	0.04%	3.5 %	- 98.8%
Piezas producidas en 8 hrs.	21,000	21,000	IGUAL

Costo de la soldadura: \$ 27,000 = /kg

Costo de la Mano de Obra (retoque) \$ 2,500.00 / hr

Ahorro en escoria:

$$0.160 \text{ kg} \times 2 \frac{\text{turno}}{\text{día}} \times 25 \frac{\text{día}}{\text{mes}} \times 27,000 \frac{\$}{\text{kg}} = 216,000 \frac{\$}{\text{mes}}$$

Ahorro en Mano de Obra:

$$2,500 \frac{\$}{\text{hr}} \times 16 \frac{\text{hr}}{\text{día}} \times 0.99 \times 25 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 990,000 \frac{\$}{\text{mes}}$$

Total de ahorros = 216,000 + 990,000 = 1 206,000 \$/mes

Costo de las cámaras de inertizado = 415,000  $\times$  2 = \$ 830,000, =

Costo del equipo de control :

2 Reguladores	\$ 440,000.00
2 Rotámetros	\$ 2'000,000.00
2 Válvulas de bola	\$ 100,000.00
Total	\$ 2'450,000.00

Total de inversiones = \$ 3'370,000.00

$$\text{Costo operativo: } 340 \frac{\$}{\text{m}^3} \times 3,400 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} = 1 156,000 \frac{\$}{\text{mes}}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro total en gastos operativos: } & \$ 1 206,000 \\ & - \underline{\$ 1 156,000} \\ & \underline{50,000} / \text{mes} \end{aligned}$$

Retorno de la inversión: 830,000 / 50,000 = 16.6 meses

#### CONCLUSIONES

- Gracias a la buena disposición de esta empresa y a la relación que se ha llevado por años con ella se lograron obtener excelentes datos para la correcta evaluación de las puebas así como se nos permitió realizar todas las mediciones y cambios que fueron necesarios en el sistema de inertizado.

- Como se aprecia en el estudio económico de la aplicación, el costo adicional por dispositivo fabricado es mínimo, esto es debido que además de que producen miles de piezas mensuales su consumo actual de gases es enorme por lo que el precio por metro cúbico es bastante bajo lo que permite justificar la implantación de la aplicación en el proceso.

- Las mejoras obtenidas en la calidad del producto son evidentes, sobre todo en los dispositivos de 20 milésimas de pulgada de diámetro en donde se tenía un 100 % de fallas y con el sistema de inertizado se logró prácticamente 0 % mientras que en los dispositivos de 30 / 40 milésimas la reducción del número de fallas causadas por picos se redujo de un 20.56 % a un 0.15 %; y en fallas causadas por oclas se logró llegar a un 0.04 % de un 3.5 % anterior.

- La generación de escoria se redujo en un 40 % lo que también representa un ahorro económico y probablemente permita alargar la vida útil de la soldadura en el crisol. Esto se evaluará posteriormente.

- La inertización del crisol para estañar las terminales no tienen ningún efecto en las salpicaduras de soldadura hacia el cuerpo de los dispositivos.

- Aunque es una ventaja no medible se logró mejorar la brillantez de las terminales estañadas, esto es gracias a que la soldadura se enfría en un ambiente con muy poco oxígeno y por lo tanto no se oxida tan fácilmente (Como se sabe entre más caliente se encuentra un metal tiende a oxidarse más fácil y rápidamente).

- Aunque no se logró alcanzar el nivel deseado de oxígeno (1 %) se verificó que con un 4 % era más que suficiente para alcanzar en gran parte los objetivos de la prueba. Además que de esta manera se utiliza menos nitrógeno y el costo operativo del sistema es menor.

- No se notó que el sistema de inertizado influyera en el tiempo de lavado de los dispositivos.

- Finalmente las personas de esta compañía encargadas de evaluar el sistema, decidieron adoptarlo como parte integral de su proceso para lo cual adquirieron 2 sistemas de inyección del nitrógeno de nosotros.

## VI. CONCLUSIONES

Durante la realización del presente trabajo se pudo observar que las tecnologías desarrolladas en México, siempre van a tener problemas para llegar a utilizarse ya que el sentimiento de desconfianza del mexicano es muy marcado en lo que a nuevos procesos respecta. Esto es que si no ha sido usado o por lo menos probado en el extranjero es difícil que lo acepte en su empresa.

A pesar de lo anterior se lograron correr las tres pruebas que se mencionaron en el capítulo V, las cuales muestran con toda claridad que a pesar de ser un sistema bastante sencillo los beneficios tanto económicos como operativos que brinda son excelentes y esto trae como resultado ahorros sustanciales.

Por lo que respecta a los objetivos que se plantearon al principio de este trabajo puedo afirmar que no solo se alcanzaron sino que a mi juicio se rebasaron ya que se lograron correr tres períodos diferentes de pruebas, logrando que en dos de ellos el sistema fuera adoptado como parte integral del proceso de estaffado, y donde no se logró implantar, no fue porque los resultados hallan sido malos, sino que económicamente no fue factible su utilización.

Esto quiere decir que se tuvo un 66.6 % de efectividad en lo que respecta a implantación final del sistema y un 100 % de efectividad en lo que respecta a resultados positivos obtenidos durante el periodo de introducción del mismo, lo que para un proceso que apenas se esta probando es bastante aceptable, y lo más importante es que efectivamente se logran los resultados que en teoría se habían planteado, lo cual impresiona bastante a los clientes potenciales y esto creo, facilitara de gran manera la comercialización final del sistema de inertizado.

Quedan pendientes algunas cosas por realizar, como es el evaluar si el tiempo de vida de la soldadura aumenta; mejorar el diseño tanto de los difusores como de la cámara de inertizado en si; evaluar si es posible implantar un sistema parecido pero en maquinas de oia con banda transportadora tanto para estaffado como para soldadura, etc. Pero como se dijo, esto es solo el inicio de una idea que surgió por otro proceso parecido.

## APENDICE A: MANUAL DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE NITROGENO PRESENCIA EN LA NATURALEZA.

En su estado libre el nitrógeno forma aproximadamente un 78 % del volumen del aire. En combinación química está presente en todos los seres vivos, y en forma de proteínas es un alimento necesario para las plantas y animales.

### CARACTERISTICAS QUIMICAS.

El nitrógeno no reacciona rápidamente con otros elementos. Ni se quema, ni mantiene la combustión. Se combina con algunos de los metales más activos, como el calcio, sodio y magnesio para formar nitruros.

### CARACTERISTICAS FISICAS.

El nitrógeno es incoloro, inodoro e insípido. Solamente es ligeramente soluble en agua y es débil conductor de calor y electricidad.

### USO COMO GAS.

El nitrógeno gaseoso se usa principalmente en aquellos procesos donde se requiere una atmósfera inerte por cuestiones ya sea de seguridad o de calidad de producto.

También es común su uso en el almacenamiento de productos volátiles o flamables. Otras aplicaciones donde se usa también nitrógeno gas son: remoción de contaminantes, secado, transferencia por presión, purgado, etc.

### CARACTERISTICAS DEL LIQUIDO.

El nitrógeno líquido es incoloro e inodoro, ligeramente más liviano que el agua, no magnético y no produce vapores tóxicos o irritantes. Es estable contra golpeo mecánico.

### NITROGENO LIQUIDO.

El nitrógeno líquido es incoloro e inodoro, su temperatura de ebullición a presión atmosférica es - 196 oC, ligeramente más alto en peso que el agua y no produce vapores tóxicos o irritantes. Es estable contra el choque mecánico. Es transportado y almacenado como líquido por economía y conveniencia. El nitrógeno líquido es utilizado para congelación a bajas temperaturas (-20 oC), como refrigerante en ajuste para partes metálicas por contracción, para varias aplicaciones en laboratorios, etc.

## RIESGOS Y PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

### EVITE CONTACTO.

Siempre maneje este líquido con cuidado. Las temperatu-

ras extremadamente bajas pueden producir un efecto parecido a una quemadura. Los gases que resultan de estos líquidos son también extremadamente fríos y pueden producir "quemaduras". Los tejidos delicados, como los de los ojos, pueden dañarse por una breve exposición a estos gases fríos. Manténgase alejado del líquido hirviendo, salpicaduras, y gases que emanan. La ebullición y salpicadura siempre ocurre al llenar un recipiente a temperatura ambiente o al introducir en el líquido objetos. Efectúe estas operaciones siempre lentamente para reducir al mínimo la ebullición y salpicaduras. No dejar que ninguna parte del cuerpo sin protección toque tuberías o recipientes no aislados conteniendo cualquier gas atmosférico licuado; el metal extremadamente frío puede adherirse rápidamente a la carne y rasgarla al intentar retirarse.

Use tenazas para sacar objetos sumergidos en nitrógeno líquido y maneje las tenazas y objetos cuidadosamente. Además del peligro de quemaduras o de que la piel se adhiera a materiales fríos, los objetos como la goma, que son blandos y flexibles, a la temperatura ambiente, se harán muy duros y frágiles a la baja temperatura del nitrógeno.

#### QUEMADURAS

Las quemaduras térmicas (aquellas causadas por calor o flama, así como por congelamiento, causadas por el contacto con líquidos criogénicos o por el equipo que maneja estos líquidos) deberán ser tratados con agua tibia.

1. Llene una cubeta, lavamanos o cualquier otro recipiente con agua tibia y haga que la víctima sumerja el área dañada (manos, pie, etc.) directamente en el agua. Este tratamiento deberá prolongarse hasta que el dolor desaparezca. Si el dolor persiste después de sacar el área afectada del agua, el procedimiento deberá repetirse.

2. Si las quemaduras están en el cuerpo, cara u ojos, use toallas que hayan sido empapadas en agua tibia y luego exprimidas. Cambiar constantemente las toallas de modo que estas puedan permanecer frías.

3. Si la víctima padece de escalofrío, dele café o té caliente. Si es necesario tape a la víctima con cobertores a excepción del área afectada.

4. Para que sea efectivo el tratamiento del agua tibia debe ser usado tan pronto como sea posible. Ha sido comprobado que cuando las quemaduras de primer grado (piel enrojecida) y de segundo grado (ampollas) han sido tratadas con rapidez, el dolor desaparece rápidamente. Las quemaduras que pudieran haber sido de primer grado a menudo desaparecieron, una quemadura que pudo haber tenido ampolla terminará en un enrojecimiento de la piel.

5. Independientemente del grado del daño de la quemadura, cuando el tratamiento con el agua ha calmado el dolor, la técnica de primeros auxilios para quemaduras deberá ser como sigue:

a) Quemaduras grandes de segundo grado (ampulas) y cualquiera de tercer grado (profunda destrucción de los tejidos) aplique una toalla o gasa esterilizada y seca antes de remover a la víctima. NUNCA aplique ungüentos, cremas o aceite. NUNCA rompa a propósito las ampulas.

b) Para quemaduras pequeñas de segundo grado y cualquier quemadura de primer grado use vaselina.

6. Si el líquido salpica en los ojos aplique agua tibia y lleve a la víctima para que sea tratada por un médico.

#### LLEVAR EQUIPO DE PROTECCION

Proteja sus ojos con una pantalla o lentes de seguridad (los lentes de seguridad sin protección lateral no lo hacen debidamente). Use siempre guantes al manejar cualquier cosa que esté o pueda haber estado en contacto con nitrógeno líquido. Se recomiendan los guantes de cuero. Los guantes debe de estar flojos, de manera que puedan quitarse rápidamente si el líquido cae o salpica en ellos. Al manejar líquidos en recipientes abiertos, se aconseja llevar botas de media caña.

Los pantalones deben ser sin valenciana y debe llevarse fuera de las botas.

#### MANTENER BUENA VENTILACION EN EL AREA DE TRABAJO Y ALMACENAMIENTO.

El nitrógeno es un gas inerte (no tóxico) pero puede causar asfixia si un área cerrada sin ventilación se va enriqueciendo con este gas.

Cualquier atmósfera que no contenga por lo menos 18 % de oxígeno puede causar mareo, inconsciencia o incluso la muerte si una persona permanece mucho tiempo en esta atmósfera.

#### AVISO PRIMEROS AUXILIOS.

Si una persona se queda desvanecida o pierde el conocimiento mientras está trabajando con nitrógeno líquido, sáquela a un área bien ventilada inmediatamente. Si la respiración ha cesado, dele respiración artificial. Llame a un médico inmediatamente.

Si tiene usted alguna duda de la cantidad de oxígeno en una habitación ventile la habitación completamente antes de entrar en ella. No derrame nunca el nitrógeno de desecho en una área de paso en la que alguien pueda entrar.

#### **EVITAR LA FORMACION DE SOBREFRESIONES.**

Las pequeñas cantidades de nitrógeno líquido se convierten en grandes cantidades de nitrógeno gaseoso (un m<sup>3</sup> de líquido es = 693 m<sup>3</sup> de gas). Este hecho hace necesario proteger el personal y equipo de sobrepresiones imprevistas, esto se consigue por medio de válvulas de seguridad en todos los equipos y tuberías de manejo del líquido. No coloque nunca nitrógeno líquido en un recipiente que no este protegido por un dispositivo de seguridad. Las posibles sobre presiones pueden provocar la ruptura del recipiente y daños al personal.

#### **NO ENTRAR EN SITIOS CERRADOS.**

Antes de entrar a cualquier sitio cerrado, que pueda contener una atmósfera enriquecida de nitrógeno, los pasos a seguir serán:

a) El área debe de probarse previamente con un analizador de oxígeno para asegurar que el espacio cerrado contiene suficiente oxígeno (mínimo de 18 %). Se tomarán precauciones para impedir la entrada de nitrógeno en el sitio cerrado.

b) La línea de suministro de nitrógeno debe de estar cerrada y los sopladores de aire fresco deben de estar operando.

c) Debe utilizarse una cuerda salvavidas y un cordón de seguridad y por lo menos debe colocarse una persona adicional fuera de la posible área de contaminación, que sea capaz para tomar la acción necesaria de emergencia en el caso de que la persona en el área de posible contaminación tenga un desvanecimiento.

d) Una sirena portátil debe existir en lugares remotos o aislados para pedir ayuda adicional en caso de emergencia.



## APENDICE B: POTENCIAL DE CONTACTO

Por el año de 1800 Volta llegó a la conclusión de que la electricidad que causaba que la pata de una rana se moviera, se debía al contacto de dos metales diferentes (Experimento de Galvani). Este descubrimiento llevó al desarrollo de la pila galvánica. Sin embargo, en este caso el fenómeno es complicado por reacciones químicas entre los metales y el electrolito. De hecho, la diferencia de potencial que Volta pensaba que existía entre dos metales puros cuando se ponían en contacto se ve afectada por la presencia de gases y los intentos que hizo para medir esta diferencia dieron resultados muy discordantes, tanto que la existencia de esta diferencia fue cuestionada. Fue hasta 1901 que se concluyó que esta fuerza electromotriz de contacto es una propiedad intrínseca de los metales.

Se sabe que cuando un electrón emerge de la superficie de un metal, absorbe cierta cantidad de energía ( $w$ ). Las magnitudes de  $w$  depende del metal, de la naturaleza de la superficie, etc. Esta energía  $w$  es igual a  $e\phi$ , donde  $e$  es la carga de un electrón y  $\phi$  es la función trabajo del metal.

Si se consideran dos placas, una de cobre y otra de zinc conectadas por alambre de cobre, el único punto de contacto entre metales diferentes es donde el alambre toca la placa de zinc.

Si  $w_1$  y  $w_2$  son las funciones o energías en electrón-volts del cobre y zinc respectivamente y  $V_1$  y  $V_2$  son los potenciales del aire en dos puntos justo fuera de las dos placas. Entonces el trabajo realizado por un electrón en movimiento de un punto sobre la placa de cobre, a través del aire, a un punto dentro de la placa de zinc es:

$$P_e = w_1 + (V_2 - V_1)e - w_2$$

El trabajo hecho por un electrón en movimiento alrededor del alambre desde la placa de cobre hasta la de zinc es cero excepto por el que se requiere para vencer una fuerza electromotriz muy pequeña ( $P$ ) en el punto donde el alambre de cobre toca la placa de zinc. Entonces se tiene:

$$P_e = (V_2 - V_1)e + w_1 - w_2$$

$$P = (V_2 - V_1) + \frac{w_1 - w_2}{e}$$

la diferencia de potencial  $V_1 - V_2$  entre dos puntos en el aire justo afuera de las placas de metal es llamada "fuerza electromotriz de contacto" entre los metales. Se tiene entonces:

$$V_1 - V_2 = \frac{w_1 - w_2}{e} = \phi_1 - \phi_2$$

es decir la fuerza electromotriz de contacto es igual a la diferencia de la función trabajo de los dos metales.

### EFECTO PELTIER Y SEEBECK

Se tienen dos alambres: uno de cobre y otro de zinc, unidos en sus extremos. Existe una fuerza electromotriz por lo que uno de los alambres está a un potencial más alto que el otro. Esta diferencia de potencial no se puede medir directamente pero Peltier ideó un método en 1834.

Si se coloca una batería en medio del alambre de cobre, la unión hacia la cual fluye la corriente del cobre al zinc, está fría mientras que la otra unión está caliente. Esto se conoce como efecto Peltier.

Este efecto no debe de confundirse con el efecto Joule en el cual se produce calor por un flujo de corriente en un alambre. En este caso el calor producido es proporcional al cuadrado de la corriente y es independiente de la dirección del flujo. En el efecto Peltier la cantidad de calor absorbido o emitido es proporcional a la corriente y la dirección de la corriente determina si el calor es emitido o absorbido en una unión.

Entonces la diferencia de potencial entre los alambres se puede determinar midiendo el calor absorbido en la unión Cu-Zn mientras la corriente fluye de un potencial bajo a uno más alto. El calor absorbido, en joules, cuando un coulomb fluye a través de la unión es igual a la fuerza electromotriz, en volts, en la unión.

El efecto inverso al efecto Peltier fue descubierto por Seebeck ocho años antes. Cuando una unión se calienta y la otra se mantiene fría, circula una corriente del cobre al zinc. Esto se conoce como efecto Seebeck. Esta corriente es proporcional a la diferencia de temperatura entre las uniones. En el caso del cobre y del zinc, si una unión se mantiene en agua muy fría (0 °C), mientras la otra se calienta, la fuerza electromotriz térmica aumenta.

con la temperatura de la unión caliente, aunque no proporcionalmente.

#### APLICACIONES PRACTICAS

Se sabe que un dispositivo muy utilizado para medir temperatura son los termopares. Para temperaturas superiores a los 1200 °C, es común que se utilice un alambre de platino unido a otro que está hecho de una aleación de platino e iridio. Un extremo de este arreglo se coloca en un punto inaccesible dentro de algún aparato y el otro se coloca afuera. La temperatura del extremo en el punto inaccesible se puede determinar en cualquier momento.

Para medir radiación; Boy empleo dos alambres, uno de bismuto y otro de antimonio, y en uno de los extremos coloco un disco negro (para mejor absorción de la temperatura) el cual recibía las radiaciones. La variación de la temperatura es igual al cuadrado de la corriente.

Es debido a lo anterior que para hacer mediciones eléctricas exactas, se debe de procurar mantener el circuito a la misma temperatura.

## APENDICE C: EFECTO DE VENTURI.

Debe su nombre a un físico italiano llamado G. B. Venturi, el cual estudió los principios en los cuales se basa este fenómeno, aunque se dice que el inventor fue Clemens Herschel quien lo usó para medir flujo de agua. De hecho en la actualidad existen tres tubos de Venturi de 17 pies de diámetro en el acueducto Catskill que provee de agua a la ciudad de Nueva York.

El tubo de Venturi consiste de un tubo con una reducción gradual en su diámetro, llamada garganta; la cual se vuelve a ensanchar a su diámetro original. Como se ve en la figura siguiente:

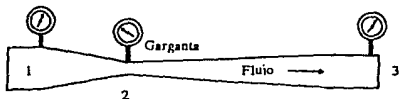


Diagrama del tubo de Venturi

El efecto que se desea, es que en la garganta aumente la velocidad y por lo tanto disminuya la presión de un fluido a través de ella.

Si se analiza la figura anterior, el fluido lleva cierta velocidad y presión en el punto 1, al llegar al punto 2 el fluido disminuye su presión y aumenta su velocidad, y finalmente en la trayectoria del punto 2 al punto 3 el fluido aumenta nuevamente su presión y disminuye su velocidad hasta igualar los valores que se tenían en el punto 1, menos una pequeña pérdida debida a la fricción.

Así cuando la presión en 1 es igual a la presión atmosférica, la presión en 2 es inferior a esta y si se abre un orificio, se produce una aspiración del aire exterior.

Este fenómeno tiene muchas aplicaciones prácticas como por ejemplo, el vapor de gasolina penetra en la tubería de aspiración de un tubo de Venturi conectado al carburador. La bomba de inyección usada en las locomotoras de vapor para hacer penetrar el agua se basa en el mismo principio.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. WELDING  
Skills and Technology  
Dave Smith  
1984 McGraw Hill  
pags. 313 - 318  
420 - 423
2. QUIMICA GENERAL ELEMENTAL  
Manuel Delfin Figueroa  
1970, Ed. Porrúa, S.A.  
pags. 131 - 137  
167 - 183
3. MERCADOTECNIA  
William J. Stanton  
1985, McGraw Hill
4. QUIMICA  
Curso Preuniversitario  
Madras, Stratton, Hall, Gravel  
1987, McGraw Hill  
pags. 75 - 88  
90 - 98
5. MANJAL DE KESTER SOLDER
6. ELECTRONIC PACKAGING & PRODUCTION  
Enero, 1989
7. ELECTRONIC PACKAGING & PRODUCTION  
Noviembre, 1989
8. APPLICATIONS OF GASES IN THE ELECTRONICS INDUSTRY  
Manual de la división LINDE de Unión Carbide Co.
9. NITROGEN PRODUCTION USING MEMBRANES  
Union Carbide Co.

10. CHEMICAL ENGINEERING  
Abril, 1990
11. NITROGEN SUPPLY SYSTEMS TO MEET EVERY REQUIREMENT  
Union Carbide Co., 1987
12. NITROGEN PLANTS FOR INDUSTRY  
Union Carbide Co. 1985
13. ONDAS ELECTROMAGNETICAS Y SISTEMAS RADIANTES  
Edward C. Jordan  
Keith G Balmain  
1978, Ed. Paraninfo
14. TEORIA ELECTROMAGNETICA  
W. H. Hayt  
1979, Ed. Mc. Graw Hill
15. FUNDAMENTOS DE TEORIA ELECTROMAGNETICA  
Moises Torres Basurto  
1980, Ed. Diana
16. ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO (APUNTES)  
Moises Torres Basurto  
1989
17. PUBLICIDAD: HERRAMIENTA PARA EL FOMENTO TURISTI-  
CO NACIONAL (TESIS)  
Veronica Herrera  
Gabriela Paz  
1988