

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

MEJORAMIENTO EN EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE ELECTRODOS DE AGA S.A. A TRAVÉS DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de Ingeniero de la Producción

JAVIER ALEJANDRO SOSA ZAMBRANO

2006

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

MEJORAMIENTO EN EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE ELECTRODOS DE AGA S.A. A TRAVÉS DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de Ingeniero de la Producción

JULIO CONDOR

JAVIER ALEJANDRO SOSA ZAMBRANO

2006

INTRODUCCIÓN.-

JUSTIFICACIÓN:

Debida a la alta competencia AGA S.A. se ve en la necesidad de mejorar sus procesos productivos, por lo cual se interesó y aportó a la investigación del presente trabajo de título.

ASPECTOS METODOLÓGICOS:

Se aplicaron los conocimientos previos adquiridos en la carrera, experiencias propias y la ayuda tanto de profesores de la Universidad de las Américas, como de técnicos especializados de la planta.

OBJETIVO GENERAL:

- Incrementar la producción de los electrodos en cada uno de sus procesos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Controlar eficientemente las posibles pérdidas en los procesos de producción.
- Aumentar la productividad de la fábrica en base a parámetros reales y factibles.

RESUMEN.-

El proceso de producción de electrodos, como todos los procesos, tiene fallas en cada una de sus etapas, por lo cual el presente trabajo busca la solución de dichos errores o fallos para la optimización de los procesos, en este caso, los de producción de electrodos; gracias a la empresa AGA S.A., fue posible la realización el presente estudio.

Con este trabajo se busca comprobar la utilidad de la estadística en los procesos de producción, llevando a cabo distintos análisis en cada etapa de elaboración de los electrodos, para obtener de resultados positivos, conseguir mejoras en el proceso y a su vez mantener la calidad por la cual la empresa es reconocida.

El control estadístico realizado fue basado en el muestreo aleatorio simple, del cual se obtuvieron los resultados que se detallan en uno de los capítulos estipulados en el trabajo.

Al culminar los análisis de muestreo, se comprueba la obtención de resultados satisfactorios para la empresa, la obtención de mejoras en cada una de las etapas del proceso de producción y la optimización del mismo.

Capítulo 1. Historia de la empresa

1.1.	Introducción	1
1.2.	Objetivos de la empresa	2
1.2.1.	Descripción de la empresa	2
1.2.2.	Definición de la empresa	2
1.3.	Organización	4
1.3.1.	Estructura de la empresa en el ecuador	5
1.4.	Misión y visión	6
1.4.1.	Misión de la empresa	6
1.4.2.	Visión de la empresa	6

Capítulo 2. Ingeniería del producto

2.1.	Producto y clasificación	7
2.2.	Diseño del producto	8
2.2.1.	Electrodos para acero sin aleación	8
2.2.2.	Electrodos para recargues o rellenos duros	10
2.2.3.	Electrodos para aceros inoxidables	12
2.2.4.	Electrodos especiales	12
2.2.5.	Electrodos para hierro fundido y metales ferrosos	13
2.3.	Materia prima	15

2.4.	Comercialización y sus incidencias dentro del mercado	17
2.5.	Distribución	18

Capítulo 3.- Instalación de la planta

3.1.	Ubicación	19
3.2.	Layout	19
3.3.	Organigrama	21
3.4.	Maquinaria y equipo utilizado	22
3.4.1.	Función que ejerce cada maquina	23

Capítulo 4.- Producción, clasificación e identificación de los materiales

4.1.	Descripción del proceso de soldadura por arco con electrodo revestido –SMAW	29
4.1.1.	Introducción	29
4.1.2.	Principios de operación	30
4.1.2.	Funciones del revestimiento	32
4.1.2.1.	Eléctrica	32
4.1.2.2.	Metalúrgica	33
4.1.2.3.	Física y mecánica	35
4.1.2.4.	Económico	36

Capítulo 5.- Sistemas de producción y planificación de la producción

5.1. Descripción del proceso de producción de electrodos	38
5.1.1. Diagrama de flujo de proceso	42
5.1.2. Detalle del diagrama de proceso de producción de electrodos	42
5.2. Planificación de la producción	46
5.2.1. Elaboración de la planificación del material	46
5.2.2. Elaboración de la planificación de los recursos	47
5.2.3. Elaboración de la planificación de los procesos	48
5.2.4. Elaboración del desarrollo del tipo de producto	49
5.2.5. Diagrama de flujo para la planificación de la producción	50
5.3. Lanzamiento de la producción	51
5.3.1. Elaboración del programa de producción anual	51
5.3.2. Elaboración del programa de producción mensual	51

5.4.	Planificación de la producción	52
5.5.	Elaboración de la producción de electrodos ..	54
5.6.	Almacenamiento de la producción	55
5.7.	Control de existentes	55

Capítulo 6.- Análisis del sistema productivo

6.1.	Introducción	57
6.1.1.	Unidad muestral	58
6.1.2.	Población	58
6.1.3.	Muestra	58
6.1.4.	Tipo de datos	58
6.1.4.1.	Datos discretos	58
6.1.4.2.	Datos categóricos	59
6.1.4.3.	Datos nominales	59
6.1.4.4.	Datos continuos	59
6.1.5.	Característica de los datos	60
6.1.5.1.	Dispersión	60
6.1.5.2.	Simetría y asimetría	60
6.1.6.	Distribución de frecuencias e histogramas	61
6.1.7.	Medidas de tendencia central	61
6.1.7.1.	Media muestral o promedio	62
6.1.7.2.	Mediana	62
6.1.7.3.	Moda	62

6.1.8.	Medidas de dispersión	62
6.1.8.1.	Desviación estándar	63
6.1.8.2.	Evento	63
6.1.9.	Probabilidad	64
6.1.10.	Variables aleatorias	65
6.1.11.	Muestreo aleatorio simple	65
6.1.12.	Intervalo de confianza	65
6.1.13.	Excentricidad	66
6.2.	Situación actual.....	68
6.2.1.	Trefilación	68
6.2.2.	Corte	69
6.2.3.	Mezclado seco / húmedo	70
6.2.4.	Extrusión	71
6.3.	Diagrama causa – efecto	72
6.3.1.	Diagrama causa – efecto de electrodos excéntricos	74
6.4.	Análisis estadístico (muestreo)	80
6.5.	Situación propuesta	85
6.5.1.	Trefilación	85
6.5.2.	Corte	87
6.5.3.	Mezclado seco / húmedo	88
6.5.4.	Extrusión	89
6.5.5.	Sugerencias propuestas	90

6.6. Aplicación de las recomendaciones y resultados	91
--	-----------

Capítulo 7.- Control de Calidad

7.1. Responsabilidad y autoridad	96
7.1.1. Laboratorista	96
7.1.2. Supervisor de planta	96
7.1.3. Operadores de planta	96
7.1.4. Soldador de prueba	97
7.1.5. Esquema del proceso de control de calidad	98
7.2. Proceso de monitoreo y medición de electrodos	99
7.2.1. Diagrama de flujo	99
7.2.2. Monitoreo y medición	100
7.2.2.1. Monitoreo y medición en las materias primas	101
7.2.2.2. Monitoreo y medición en el proceso	102
7.2.2.3. Monitoreo y medición del producto final	102
7.3. Trazabilidad	103
7.3.1. Proceso de identificación y trazabilidad	103
7.3.1.1. Identificación del producto	103

7.3.1.2.	Trazabilidad	103
----------	--------------------	-----

Capítulo 8.- Mantenimiento y seguridad e higiene industrial

8.1.	Mantenimiento – planificación - control y evaluación	105
8.1.1.	Los recursos físicos y humanos	105
8.1.2.	Los gastos y auditoria del mantenimiento	106
8.1.3.	Los formularios y flujograma	107
8.1.4.	El reemplazo de bienes	108
8.2.	La seguridad e higiene industrial	109
8.2.1.	El comité de seguridad	110
8.2.2.	Registro e índice de accidentes	111

CONCLUSIONES	112
---------------------------	------------

RECOMENDACIONES	114
------------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	115
---------------------------	------------

ANEXOS	116
Anexo # 1.- Organigrama de la empresa AGA S.A.	116
Anexo # 2.- Planta de electrodos dentro del plano de Guayaquil	117
Anexo # 3.- Layout de la planta de electrodos de AGA S.A.	118
Anexo # 4.- Tipos de revestimientos y principales defectos en la soldadura	119
Anexo # 5.- Manual de especificaciones de materia prima	129
Anexo # 6.- Manual de responsabilidades del personal de la planta de electrodos ...	130
Anexo # 7.- Programa de producción anual	135
Anexo # 8.- Programa de producción mensual	136
Anexo # 9.- Certificado por parte del jefe de planta de electrodos de la empresa AGA S.A.	137

CAPÍTULO 1.- HISTORIA DE LA EMPRESA

1.1. INTRODUCCIÓN

AGA S.A. nace como una multinacional sueca; actualmente forma parte del Grupo alemán LINDE. Inició sus operaciones en el Ecuador en 1963. La historia de AGA se remonta a inicios de siglo XX. Fue fundada por el genio inventivo sueco Gustaf Dalen, premio Nóbel de física (1912). Se hizo acreedor de este galardón por su invento utilizado en la tecnología de faros, y por sus grandes logros en el uso práctico, seguro y económico de gases. El nombre AGA es una sigla que en idioma sueco significa “AKTIBOLAG GAS ACCUMULATOR”, que traducido al español significa “COMPAÑÍA DE ACUMULADORES DE GAS”. En el año 2000, la compañía LINDE compra la empresa AGA a nivel mundial; Linde AGA fue fundada en 1879 por el Inventor Ing. Kart Von Linde.

La planta de electrodos fue creado en 1965, iniciando sus operaciones con tan solo 6 personas. Desde aquel entonces ha fabricado electrodos bajo licencia Oerlikon Welding Ltda. de Suiza

En el año 1970 se renovaron todos los equipos, aumentando de esta forma significativamente la producción. Esto le permitió posicionar el electrodo AGA en el mercado ecuatoriano, manteniendo el liderazgo hasta la actualidad,

Cabe mencionar que el Departamento de Desarrollo y Control se empezó a desarrollar en el año de 1984, y ha constituido un valioso apoyo a la producción con calidad del electrodo, con equipos de laboratorio de alta precisión y confiabilidad, que aseguran el producto en el mercado

1.2. OBJETIVOS DE LA EMPRESA

1.2.1. Descripción de la empresa

El objetivo principal de la empresa es el de satisfacer de manera óptima las necesidades que tienen los clientes, en cuanto a gases industriales y medicinales, soldadura, equipos, servicios y asistencia técnica, relacionados con el uso y aplicaciones de tales productos.

Actualmente AGA es el líder mundial en el manejo de gases envasados en cilindros, y tiene la ambición de ser el mejor proveedor en cada mercado particular, desarrollando y perfeccionando productos y servicios para poder incrementar la rentabilidad del cliente y la de AGA misma.

1.2.2. Definición de la empresa

AGA tiene clientes en las áreas de la metalmecánica, de los procesos industriales, de la alimentación y de la asistencia médica. Los productos principales que fabrica y comercializa en Ecuador son:

- Gases del aire como:
 - o Oxígeno

- Nitrógeno
- Argón
- Gases combustibles como:
 - Acetileno
 - Dióxido de carbono CO₂
 - Mezclas de gases

Además cuenta con:

- Electrodos revestidos para soldar.
- Equipos para suelda eléctrica con electrodos revestidos.
- Equipos de suelda eléctrica para procesos MIG, TIG, MAG.

Adicionalmente distribuye otros materiales y gases importados como:

- Oxido nitroso, helio y mezclas especiales.
- Alambres para proceso MIG, alambres tubulares, alambre para arco sumergido.
- Accesorios para suelda, equipos y accesorios para el área medicinal.

En la industria se usan los gases de soldadura y corte para trabajar metales, incluyendo reparaciones y mantenimiento. El oxígeno y acetileno se usan para soldar, cortar y calentar.

Las propiedades refrigerantes del nitrógeno líquido se aplican para la congelación rápida de alimentos y para crear atmósferas inertes y secas.

El gas inerte Argón y las mezclas de argón se utilizan en la soldadura para proteger los metales fundidos de la acción de la atmósfera.

El CO₂ en la atmósfera de un invernadero aumenta la cosecha. El oxígeno y otros gases medicinales se usan para facilitar la respiración, la anestesia, en diagnósticos, terapia e investigación.

Características generales de la empresa.-

La empresa cuenta con una nómina de 220 personas, entre ejecutivos y obreros; en la planta de electrodos trabajan 29 personas. Por su ubicación (ver Capítulo 3), está conectada a la red de agua potable y dispone de canalización y de teléfono, es decir que cuenta con todas las facilidades que brinda y requiere el sector industrial.

Se alimenta de la red eléctrica de EMELEC y su consumo general es de 36.000 kW-h/mes.

1.3. ORGANIZACIÓN

Las operaciones de gas Linde-AGA están organizadas de la siguiente manera:
(Ver página siguiente)

Organización Global de Linde Gas



1.3.1. Estructura de la empresa en el Ecuador

La organización posee una estructura línea-staff, donde las funciones y relaciones entre los diferentes departamentos de línea están claramente definidas, así como también, las funciones de apoyo o staff.

En el organigrama (Anexo # 1), se representan claramente las interrelaciones de todas las funciones de la empresa, especialmente las líneas de autoridad de la compañía, y fija los límites de cada trabajo sobre las bases del alcance de la autoridad y responsabilidad en cada departamento.

1.4. MISIÓN Y VISIÓN

1.4.1. Misión de la empresa

Somos una compañía de gases y soldadura cuya prioridad es exceder las expectativas de nuestros clientes, suministrando soluciones integrales, rentables e innovadoras y con los más altos estándares de seguridad y calidad.

La pasión por nuestra gente nos permite consolidar un Equipo Humano altamente capacitado, comprometido, motivado e inspirado en nuestros valores. Son nuestra garantía para fortalecer nuestra posición competitiva, implementando nuevas tecnologías y asumiendo la responsabilidad que tenemos con el Estado, la Comunidad, los Accionistas, los Proveedores y el Medio Ambiente. Junio-2006, Rev. 00

1.4.2. Visión de la Empresa

“Liderando por siempre”

AGA mantendrá su posición de líder en mercado de gases y soldadura y será reconocida por sus clientes como su mejor socio de negocios. Junio-2006, Rev. 00

CAPÍTULO 2. INGENIERÍA DEL PRODUCTO

2.1. PRODUCTO Y CLASIFICACIÓN

AGA S.A. es el mayor productor del país de electrodos revestidos para soldadura eléctrica. Actualmente se producen 16 tipos de electrodos entre los cuales se tiene: celulósicos, rutilicos, básicos de baja aleación, inoxidable y demás electrodos de mantenimiento en varios diámetros de: 3/32, 1/8, 5/32 y 3/16 de pulgada.

Los electrodos revestidos que elabora AGA son fabricados bajo licencia de Oerlikon Welding Ltd. de Suiza, cuyas fórmulas y transferencia de tecnología han sido concedidos para la producción de electrodos de excelente calidad, y que cumplen con la norma europea; de los fabricados localmente se tiene, entre otros, los siguientes:

CELULOSICO	C-13, C-10P
RUTILICO	R-10
BAJO HIDROGENO	B-10
RECARGUES	B-80, B-83, B-84, B-85
INOXIDABLES	R-60, R-63, R-65, R-67, R-91
CORTE	X-99
HIERRO FUNDIDO	X-41, X-48, X-44

2.2. DISEÑO DEL PRODUCTO

2.2.1. Electrodo para acero sin aleación

- **AGA B 10:** es un electrodo con revestimiento de bajo hidrógeno con polvo de hierro y es indicado para soldar aceros de alta resistencia a la tracción (56 Kg./mm²), así como para aceros de construcción. Su arco es sumamente estable, con muy poco chisporroteo; para mejores resultados se debe usar arco corto.

Se lo aplica en aceros que contienen impurezas, tales como fósforos y azufre, aceros cold rolled, de bajo y mediano carbono y baja aleación. Con este tipo de electrodo es posible realizar uniones en aceros que se consideran no soldables, o soldables sólo con electrodos de acero inoxidable, reduciendo el costo de la soldadura.

A este electrodo se lo identifica por su punta blanca, y se puede trabajar con él en todas las posiciones, usando corriente continua al polo positivo y alterna. Se lo fabrica en diámetros de 1/8, 5/32 y 1/16 de pulgada.

- **AGA C 10P:** es tipo celulósico, para soldaduras de alta penetración; se lo aplica en todas las posiciones.

El arco estable de la corriente continua forma un depósito sin porosidad, denso, dúctil y de buena resistencia; ofrece mucha seguridad en caso de inspecciones con rayos X.

Es indicado en aplicaciones dificultosas, como por ejemplo: construcciones metálicas en obra, reparaciones navales, tanques, recipientes de presión y tuberías en general.

Se lo identifican por su punta marrón; trabaja en todas las posiciones con corriente continua al polo positivo y también es fabricado en diámetros de 1/8, 5/32 y 3/16 de pulgada.

- **AGA C 13:** es un electrodo con revestimiento celulósico, para soldadura de alta penetración; el arco es muy estable y el material depositado es de solidificación rápida.

Se lo indica para juntas dificultosas, construcciones metálicas, reparaciones navales, chapas gruesas y delgadas.

Se identifica por su punta azul claro y se lo aplica con corriente continua de polo positivo, y alterna; se fabrica en diámetros de 1/8, 5/32 y 3/16 de pulgada.

- **AGA R 10:** las principales características son: su arranque rápido en frío, arco sumamente estable, facilidad de eliminación de la escoria y poco chisporroteo.

Se lo aplica en construcciones de hierro en general, en aceros no aleados (acero dulce), carpintería metálica con láminas delgadas, fabricación de puertas y ventanas, ensamble de carrocería, etc.

Al soldar se debe tener cuidado de que el electrodo no toque metal fundido, y de que forme un ángulo de 45° en la dirección de avance.

Se lo distingue por su punta azul, trabajando en todas las posiciones y con corriente alterna y continua de polo negativo; se lo fabrica en diámetros de 3/32, 1/8, 5/32 y 3/16 de pulgada.

2.2.2. Electrodo para recargues o rellenos duros

- **AGA B 80:** el metal depositado por el electrodo AGA B 80 posee la propiedad de endurecer por deformación o martillado en frío. Esta característica permite su aplicación en forma extensa en piezas sometidas a desgaste por efectos combinados de abrasión y fuertes impactos.

Este electrodo es muy especial para rellenar piezas al manganeso desgastadas, reconstrucción de dientes y cucharas de excavadoras, cruces y corazones de rieles, molinos y martillos de minerales. Martillando, la dureza se aumenta a 400 - 500 BRINELL.

Se lo identifica por su punta verde y trabaja con corriente alterna y continua de polo positivo. Es fabricado en diámetros de 1/8, 5/32 y 3/16 de pulgada.

- **AGA B 83:** Es un electrodo de bajo contenido de hidrógeno, para soldadura de reconstrucción; su calidad está valuada para una dureza de 275 a 325 unidades BRINELL.

Las soldaduras pueden ser maquinadas (torneado, cepillado, fresado, etc.). Se lo aplica mucho para reconstrucción de aceros al carbono con alta resistencia a la abrasión moderada; ejemplo: rellenar ruedas dentadas de tractores, rodillos de laminación, poleas, etc. y como base para revestimientos duros al carbono.

Se distingue por su punta amarilla; puede trabajar en todas las posiciones y se lo aplica con corriente continua de polo positivo y alterna; se fabrica en diámetros de 1/8, 5/32 y 3/16 de pulgada.

- **AGA B 84:** Es un electrodo para revestimientos duros sobre aceros aleados y aceros al carbono. Deposita un material tenaz y resistente a la abrasión y al impacto, fácil de soldar en todas las posiciones.

Es ideal para reacondicionar equipos de canteras, perforación, rodillos de laminación, prensas de forjar, maquinarias para movimiento de tierra, etc.

El B 84 es identificado por su punta roja; trabaja en todas las posiciones con corriente continua y alterna; es fabricado en diámetros de 1/32 y 3/16 de pulgada.

2.2.3. Electrodo para aceros inoxidable

- **AGA R 60:** Es un electrodo con revestimiento especial, excepcionalmente de bajo contenido de carbono, para usar en los siguientes tipos de aceros inoxidable: 302, 304, 304 L, 308 y 410. Es ideal para la fabricación y el mantenimiento de equipos de lecherías, hospitales, cervecerías y en la industria alimenticia en general. Resistente a la corrosión inter-cristalina a temperaturas de servicio de hasta 600°C.

Es conveniente llevar el arco lo más corto posible y evitar el excesivo vaivén en el manejo del mismo; así se produce una soldadura de buena penetración y superficie sin salpicaduras.

Se distingue por su punta gris y lado gris; trabaja en todas las posiciones y con corriente continua al polo positivo y alterna, se lo encuentra en diámetros de 3/32, 1/8 y 5/32 de pulgada.

2.2.4. Electrodo especiales

- **AGA X 99:** Electrodo especial para biselar, ranurar y chafnar en todo tipo de metales, especialmente en aquellos que no se pueden cortar con soplete oxiacetilénico, por ejemplo: hierro colado, aceros inoxidable y metales ferrosos. Se usa extensamente en estas operaciones, ya que facilita mucho el trabajo y deja una superficie perfectamente limpia y preparada para depositar la soldadura de relleno.

Se debe aplicar paralelo al metal que se desea ranurar o chaflanar, llevando el electrodo a un ángulo máximo de 10° con el metal por trabajar. Se lo fabrica sólo en diámetro de 5/32 de pulgada.

- **AGA X 41:** Es un electrodo con núcleo de níquel puro, para la soldadura de hierro colado (hierro fundido), usado en el procedimiento en frío o con precalentamiento; el metal depositado es blando y laborable.

Es muy usado en reparaciones de piezas de fundición, soldaduras en bloques de motor, cajas de diferenciales, engranajes, elementos de máquinas, etc.

Se lo identifica por su punta blanca; hay que trabajarlo en posiciones de plano vertical y horizontal, con corriente alterna y continua; se lo fabrica en diámetros de 1/8 y 5/32 de pulgada.

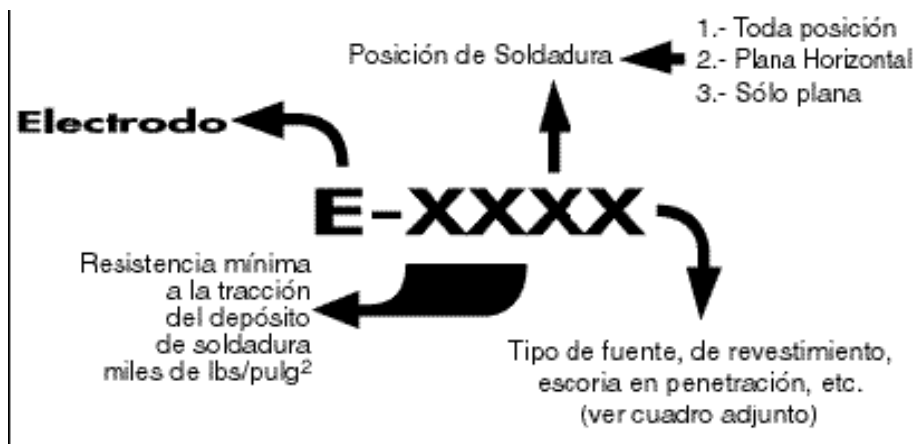
2.2.5. Electrodo para hierro fundido y metales ferrosos

- **AGA X 48:** Es apropiado para trabajos de soldadura en cualquier posición, cuando no sea necesario o no se desee maquinar posteriormente la pieza de hierro colado soldada; con este método es posible soldar hierro colado gris sin grietas ni porosidades.

Para aplicarlo es recomendable un precalentamiento a 150°C. Tener menos diferencia técnica entre cordón y material base, ayuda a que sean menores las contracciones y también a usar la menor intensidad de corriente.

Se lo debe trabajar con corriente continua de polo positivo y alterna; se lo fabrica en diámetros de 1/8 y 5/32 de pulgada.

Las nomenclatura mencionada anteriormente son únicas y exclusivas de AGA S.A.; a continuación se encuentra una tabla que muestra la nomenclatura dentro del mercado según el sistema de clasificación AWS



Cuarto Dígito	Tipo de Revestimiento	Corriente de Soldadura
1	Celulosa, potasio	CA o CC (+) o
2	Titanio, sodio	CA o CC (-)
3	Titanio, potasio	CA o CC (-)o(+)
4	Polvo hierro, titanio	CA o CC (-)o(+)
5	Bajo hidrógeno, sodio	CC(+)
6	Bajo hidrógeno, potasio	CA o CC(+)
7	Polvo hierro, oxido hierro	CA o CC
8	Polvo hierro, bajo hidrógeno	CA o CC (+)

Los detalles de la nomenclatura y la resistencia a la tracción de cada electrodo, se lo puede apreciar en el **Catálogo de Electroodos comunes, especiales y Gases para corte y soldadura**. (CD Adjunto)

2.3. MATERIA PRIMA

Las materias primas utilizadas para la fabricación del electrodo son: alambón, fundentes y silicatos.

La materia prima utilizada para la fabricación de electrodos revestidos es importada en un 99%, en su mayoría procedente de Alemania, Bélgica, Suiza, Austria, Finlandia, Francia, Italia, Sudáfrica, México, Perú y Brasil. Los productos más importantes que se emplean son alambón, alambre inoxidable, alambre de níquel, celulosa, rutilo, polvo de hierro, carbonatos, titanatos, alginatos, carburos, óxidos de silicio, óxidos de circonio, óxidos de hierro, óxidos de magnesio, óxidos de aluminio, compuestos metálicos puros, pigmentos, ferroaleaciones, silicato en líquido y en polvo.

Alambón.- Es el elemento que se funde al soldar, pasando a formar parte del objeto formado. Para los electrodos comunes se utiliza alambre de acero al carbono SAE 1008 modificado, con características y composición química bien definidas.

- Carbono 0.05% a 0.09%
- Manganeso 0.38% a 0.60%
- Fósforo 0.020% máx.

- Azufre 0.010% máx.
- Silicio 0.003% máx.

El diámetro original debe ser de 5.5 mm., y representa el 80% del producto terminado, los silicatos son el 5% y los fundentes el 15% restante.

Hay que tomar en cuenta que los fabricantes del alambón deben enviar un análisis de su producto, para determinar si cumple con la especificación antes mencionada, aunque en planta el material se somete igualmente al análisis de laboratorio.

Fluxes.- Son polvos de compuestos químicos, que en el electrodo protegen de la oxidación al objeto a soldarse, ayudan a aumentar las propiedades físicas y mecánicas de la soldadura.

Silicatos.- Aglomeran a los fluxes ya que están en estado líquido, y ayudan al electrodo a estabilizar el arco.

Se debe recalcar que las normas de calidad, así como los parámetros de control de materia prima, son informaciones altamente confidenciales y no tienen acceso a ellas sino los más altos ejecutivos de la empresa.

2.4. COMERCIALIZACIÓN Y SUS INCIDENCIAS DENTRO DEL MERCADO

La previsión de ventas está regida por un estudio de mercado, el mismo que es revisado mensualmente para detectar los índices de crecimiento y proyectarlos hacia el futuro, mediante presupuestos de ventas.

Para elaborar este presupuesto de ventas, se toma en consideración la opinión de los vendedores y la estadística de ventas a los distribuidores.

Así mismo, en este presupuesto de ventas se ha tomado en cuenta factores que inciden en la comercialización del producto, como por ejemplo, la libre importación de electrodos especiales por parte de otros distribuidores.

La empresa dispone de bodegas de almacenamiento así como de personal de ventas, quienes son, a la vez, demostradores del producto.

Los talleres de metal mecánica son un rubro importante dentro de todo el mercado al que se atiende, pero es digno de mencionar también a la industria de la construcción, la que utiliza la soldadura para mantenimiento de los equipos y de la industria en general.

AGA S.A. tiene una participación muy alta del mercado de soldadura y es uno de los referentes del mercado. Con la producción actual no cubre las

demandas del mercado, por lo que se complementa con importaciones de compañías del grupo, con lo cual satisface el mercado local.

La empresa no está preocupada por un potencial crecimiento del mercado, ya que la planta de producción tiene capacidad instalada suficiente, y puede fácilmente trabajar tres turnos diarios.

2.5. DISTRIBUCIÓN

AGA S.A. posee una red de distribución en todo el país, en especial en los polos de desarrollo; su producto está orientado hacia la industria en general.

Dentro de su política para con los distribuidores, es digno de señalar que éstos trabajan con margen de precios y se les concede descuentos especiales por compras al contado. El plazo para cancelar los créditos otorgados por la empresa a los distribuidores fluctúa entre: 30, 60 y 90 días, de acuerdo al volumen de la compra.

CAPÍTULO 3.- INSTALACIÓN DE LA PLANTA

3.1. UBICACIÓN

AGA S.A. se encuentra ubicada en la ciudadela de Mapasingue, en la ciudad de Guayaquil y su dirección es Km. 5 ½ de la vía Daule y calle 8^{va}.

Está asentada en una superficie total de 4.502 m², de los cuales 1200 m² están destinados a la planta de electrodos, objeto de este estudio.

Por su posición geográfica, esta planta tiene acceso a todas las facilidades que se requieren para su normal funcionamiento, tales como energía eléctrica, agua potable, canalización, teléfono, etc.

Además, por estar situada en una de las principales vías de acceso a la ciudad, es muy sencilla la llegada y salida de ella, lo que le da ventajas competitivas para la distribución de los productos y la llegada de Materias Primas.

En el Anexo # 2 se visualiza su posición dentro del plano de Guayaquil.

3.2. LAYOUT

La planta de electrodos de AGA S.A. tiene su maquinaria alineada para seguir una secuencia de producción continua. La distribución de la maquinaria se la puede observar en el Anexo # 3.

En este anexo se aprecia primeramente el área de trefilado, ocupada por la maquinaria de trefilación, la cual se encarga de dar al alambre el diámetro requerido para el producto terminado, proceso que se realiza en cinco etapas de trefilación. Esta maquinaria se encuentra en el lado sur de la planta. Luego le sigue el área de pesado y almacenamiento temporal de las bobinas trefiladas.

A continuación del almacenamiento está el área de corte y almacenamiento de varillas cortadas, ubicado en el centro de la planta, conjuntamente con la prensa de electrodos que se alimenta de tochos (mezcla de polvos fundentes y silicatos compactados en forma de cubos) y varillas.

En la parte norte de la planta está el cuarto frío, donde se almacenan los fundentes y silicatos; de aquí pasan inmediatamente a la mezcladora, que se encuentra junto a la puerta, y luego la mezcla sigue a la prensa de tochos.

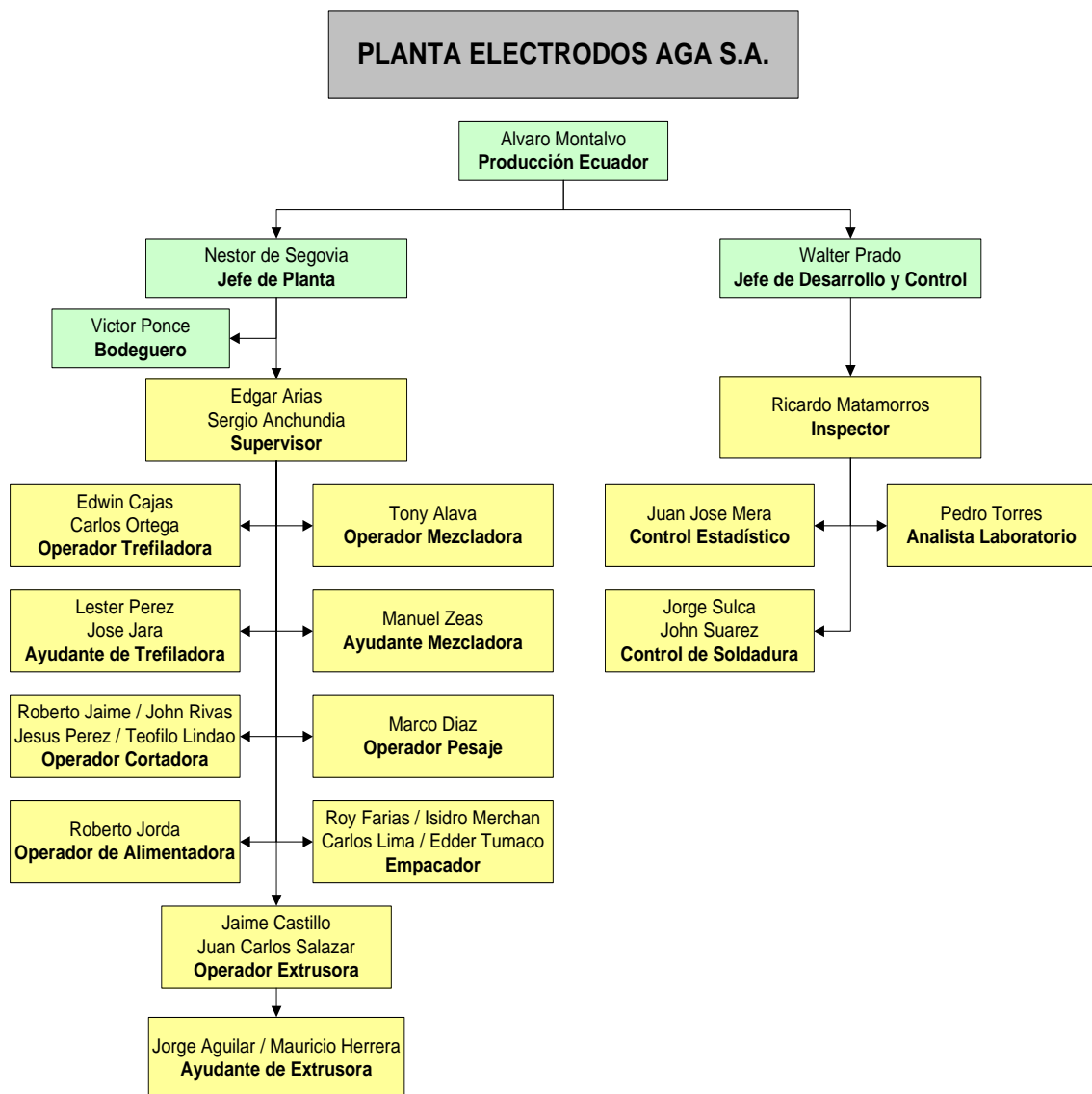
Se puede observar también un área de presecado y luego el horno eléctrico, desde donde el electrodo seco es llevado al área de pesado y empaque.

La planta cuenta con un área administrativa, laboratorio para el Control de Calidad, bodega de materiales y de producto terminado; así también está dotada de las facilidades para el personal de planta, bodega de repuestos, herramientas, generador eléctrico y cuarto de transformadores.

La parte superior del extremo sur de la planta está techada en un área de 300 m², para el almacenamiento de las bobinas del alambro sin trefilar, y allí está también colocada la soldadura de puntas.

Se cuenta también con una torre de enfriamiento de agua de tiro forzado, que se encarga de bajar la temperatura del agua de refrigeración de la maquinaria.

3.3. ORGANIGRAMA



3.4. MAQUINARIA Y EQUIPO UTILIZADO

A continuación se presenta un cuadro de la maquinaria existente:

TABLA No. 3.1.- Maquinaria y equipo de la planta de electrodos

SECCION	CODIGO	EQUIPO	MODELO	FABRICANTE
EXTRUSION	1	PRENSA EXTRUSORA DE ELECTRODOS	E P - 10	OERLIKON
	2	UNIDAD DE BANDA CRUZADA	AB - 1	OERLIKON
	3	MAQUINA CEPILLADORA	B M - 2	OERLIKON
	4	CORREA TRANSPORTADORA	U B - 3	OERLIKON
	5	ALIMENTADOR DE VARILLAS	D A - 1 H	OERLIKON
	17	ASPIRADORA	BBU 140/600	MUNSTER
TREFILACION	6	TREFILADORA DESMA	S B - IV/5	INGENIOR FIRMA
	7	TREFILADORA KOCH	KRT 1250/E	CONSOLIT AB * KOCH
	8	RECTIFICADORA DE DADOS	S M - 01	ESTEVES
	24	SOLDADORA DE ALAMBRE	DSH - 070	IDEAL WERK
	25	MAQUINA SACAPUNTA LAMINADO	SP - 70	SA. DE LAS MAQ. MILL
CORTE	9	CORTADORA DE ALAMBRE	R E L - 3	WAFIOS
	10	CORTADORA DE ALAMBRE	S D R - 3	WAFIOS
	11	CORTADORA DE ALAMBRE	R M - 70	HACK
MEZCLA	12	MEZCLADORA SIMPSON	1 G	SIMPSON MACHINE AG
	13	PRENSA BRIQUETAS	S P - 40	OERLIKON
	19	CUARTO DE SILICATOS		LOCAL AGA
EMPAQUE	14	HORNO DESPATCH	97603	OVEN COMPANY
PLANTA	15	TORRE DE ENFRIAMIENTO		LOCAL AGA
USO GENERAL	16	MONTACARGA	V 60 D	CATERPILAR

	20	TECLE ELECTRICO	D 5630	KULI – HEBEZEUGE
EXTR / RECUP.	18	RECUPERADORA DE VARILLAS	ER 5 ^6	OERLIKON
RECUPERACION	21	MOLINO DE MARTILLOS	OERLIKON	OERLIKON- GERICHE CO
	22	MOLINO DE MARTILLOS	COASIMEC	LOCAL - CUASIMED
	23	BASCULAS TOLEDO		LOCAL - TOLEDO C.L.

En el plano de distribución de planta (Anexo # 3), gráficamente se identifica esta maquinaria de la planta de electrodos.

AGA S.A., para la fabricación de electrodos utiliza, como ya se indicó, un proceso de producción continua, y para ello la distribución de la planta fue diseñada en ese sentido.

3.4.1. Función que ejecuta cada máquina

PRENSA EXTRUSORA.- Es una prensa hidráulica de expulsión de electrodos, de alto rendimiento, que consiste fundamentalmente en un armazón de base, un cilindro hidráulico y un cilindro de expulsión. Los dos cilindros están estrechamente acoplados y montados en el armazón de base. La base del armazón es una construcción totalmente soldada, en la cual está encajado el tanque de aceite, el sistema hidráulico y el equipo eléctrico.

El cilindro de expulsión contiene en su terminal de carga un mecanismo de recámara de apertura rápida, con rosca esférica, en la cual se carga el fundente previamente prensado en briquetas (tochos) en una prensa separada. Dentro del ariete prensador está el tubo guía principal de alambre, en el cual

pueden ser montadas guías de alambre intercambiables de acuerdo con el diámetro del alambre empleado.

UNIDAD DE BANDA CRUZADA.- La unidad de banda cruzada está fijada a la máquina cepilladora, a través del eje longitudinal prolongado de la prensa de expulsión. Ayuda a los electrodos a agruparse de forma paralela unos con otros.

MÁQUINA CEPILLADORA.- Esta máquina cepilladora para trabajo pesado, forma una unidad enteramente independiente de fácil conexión a la línea de suministro de energía y no requiere fijación al piso. Tiene una firme estructura de acero. Consiste principalmente de elementos transportadores, dos bandas angostas y una banda de caucho dentada girando sobre un tambor. La velocidad puede ser variable gracias al variador del aceite hidráulico incorporado a la máquina.

Un reductor de velocidad ajustable (plato) intercepta los electrodos transferidos desde la unidad de banda cruzada, después de lo cual caen sobre la banda dentada permitiendo con ello que vayan paralelos. Un alineamiento lateral provisto por dos bandas sincronizadas son necesarias para el cepillado y el proceso final. El electrodo es transferido a una banda ancha, y rotando simultáneamente por medio de un par de bandas aceleradoras, dos cepillos de alambre limpian el un extremo del electrodo y por el otro una lijadora le da el bisel al revestimiento.

Finalmente, el residuo del cepillado es absorbido por una máquina aspiradora independiente, con lo cual se mantiene limpia la máquina para un nuevo procesamiento.

CORREA TRANSPORTADORA.- Ha sido diseñada principalmente para que los electrodos puedan ser recibidos por medio de bandejas especiales de secado, inmediatamente detrás de la máquina cepilladora BM-2.

Los dispositivos laterales de regulación están diseñados de tal manera que conducen a los electrodos cepillados exactamente alineados hacia la correa transportadora, que gira a la misma velocidad.

Además posee una unidad marcadora para pintar la punta de encendido, y un aparato graficador que marca el tipo de electrodo que se está procesando.

ALIMENTADOR DE VARILLA.- Robusto, independiente, no requiere de construcción especial de anclaje o preparación de cimiento; con capacidad amplia del depósito de alambre cortado; diseño abierto para fácil acceso; el alambre es transportado a la extrusora por un par de rodillos de recolección y dos pares de rodillos alimentadores; suministra alambre continuamente al rodillo de recolección a través de unas guías de superficie de carburo, aseguradas por un eje agitador.

Para su funcionamiento está provista de un sistema de compresión hidráulica, bomba de aceite de 7.5 kw, y dos hidromotores para los rodillos de recolección y conducción. Cada rodillo alimentador tiene cuatro guías acanaladas que permiten su uso en un total de cuatro posiciones.

La velocidad es regulada directamente por el panel de control de la extrusora, a través de un servomotor que acciona la bomba principal. El sistema hidráulico de aceite pesado, incluye un circuito de enfriamiento para mantener en forma continua la alta capacidad de producción a condiciones elevadas de temperatura.

TREFILADORA.- Es una máquina para trabajo en frío, que reduce un metal o alambre al pasarlo por una hilera (dado de trefilación), estirándolo para cambiarle de diámetro. El proceso consiste en hacer pasar el metal sucesivamente por agujeros cónicos cada vez más pequeños, por un esfuerzo de tracción aplicado al material, estableciéndose esfuerzos de compresión circunferenciales que obligan al metal a tomar la forma deseada.

La trefiladora que posee la empresa es del tipo múltiple, compuesta por cinco monobloques de 6 hileras, con accionamiento independiente, cuyas bobinas son del tipo vertical de simple acumulación. Este sistema es ideal para la producción de alambre delgado, ya que permite una suficiente refrigeración del alambre a elevadas velocidades.

CORTADORA DE ALAMBRE.- La máquina automática cortadora y enderezadora de alambre de electrodos es apropiada para estos dos trabajos.

El alambre procedente del rollo se alimenta a los cilindros de transporte de la máquina por medio de una entrada de rodillos y casquillo guía de alambre; éste se endereza mediante un grupo enderezador, y una cuchilla de corte. Seguidamente se expulsa a una cuna de recogida.

La secuencia de corte de la máquina es ajustada, es decir, el número de cortes y la velocidad de entrada se adaptan entre sí para obtener la longitud deseada.

BRIQUETADORA.- La briquetadora SP 40 ha sido específicamente diseñada para trabajar en conjunto con la extrusora EP-10. Conveniente para todos los requerimientos de una fácil producción moderna, la SP 40 puede, por supuesto, ser usada con cualquiera de las otras Prensas Extrusoras Oerlikon.

Una vez que el molde ha sido llenado con flux, las palancas de formación son presionadas simultáneamente (por aspecto de seguridad) lo cual permite al pistón superior cerrar completamente la recámara del molde. La operación subsiguiente es la de aprisionamiento y expulsión del pistón, tomando automáticamente su lugar de inicio.

HORNO.- Consiste principalmente de una cámara secadora con un sistema eléctrico de calentamiento, ventiladores de trabajo para la circulación de aire, y

de un sistema automatizado de control de temperatura. La cámara y las puertas frontales son estructuras dobles de acero, rellenas con ladrillos refractarios, que es un material de alto grado de aislamiento.

La temperatura de secado varía según el tipo de electrodo. Así tenemos que para los celulósicos necesitamos 100°C; para los rútilicos 140°C; y para los de bajo hidrogeno 400°C. Para ello se cuenta con 7 bancos de resistencias, con 1500 kw por cada uno.

RECUPERADORA DE VARILLAS.- La máquina recuperadora de varillas nos permite recuperar el núcleo metálico de los electrodos húmedos defectuosos, originados al salir de la prensa extrusora. Los electrodos de desperdicio son recogidos de la mesa transportadora o del lugar de trabajo, e inmediatamente echados a la máquina recuperadora. Después de pocos minutos las varillas están limpias y pueden volverse a usar sin necesidad de lavarlas.

Muchas veces la cantidad de electrodos con revestimiento defectuoso es voluminosa, de manera que la máquina recuperadora allí ubicada no abastece, por lo que la planta cuenta con otra máquina ubicada en un sitio diferente. Ésta unidad no puede ser usada para electrodos ya secos. Los electrodos secos son previamente almacenados en tanques con agua para humedecer la masa.

CAPÍTULO 4.- PRODUCCIÓN, CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO REVESTIDO - SMAW

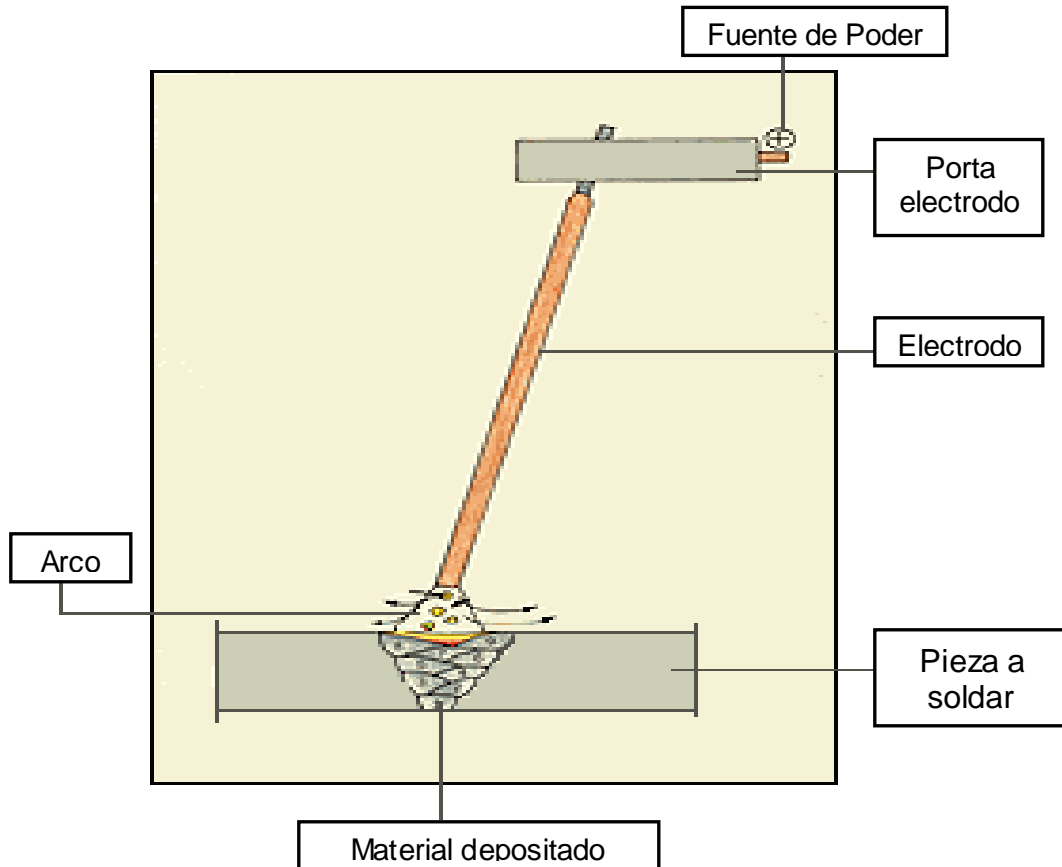
4.1.1. Introducción

En este proceso de soldadura, la coalescencia del metal se produce por el calor generado por un arco eléctrico, establecido entre el extremo del electrodo y la pieza.

El electrodo revestido constituye el metal de aporte de la soldadura, y está formado por una parte central metálica conductora de la corriente eléctrica, llamada “**alma**”, recubierta por una capa no conductora de la corriente, llamada “**revestimiento**”. La función principal del revestimiento es la de proteger el metal fundido del aire que lo rodea, ya sea durante la transferencia a través del arco, como durante la solidificación.

La figura muestra un circuito básico de un proceso SMAW, que está constituido por una fuente de poder, cuya característica es la Corriente Constante, que puede ser continua o alternada. Completando el circuito, la fuente lleva conectadas a sus bornes una pinza porta-electrodo y una pinza de masa que, a su vez, va conectada a la pieza a soldar.

FIGURA No. 4.1.- Representación gráfica del funcionamiento del electrodo



4.1.2. Principios de operación

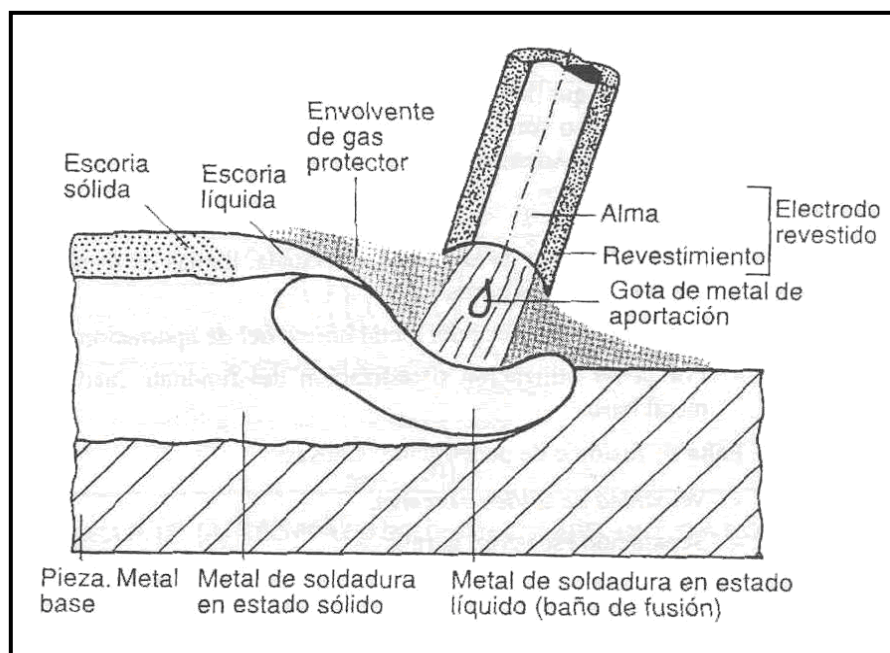
El inicio del arco se produce cuando la punta del electrodo toca el metal base (pieza), provocando un corto circuito que da lugar al paso de la corriente eléctrica. Luego, se eleva el electrodo separándolo del metal base un par de milímetros permitiendo de ese modo la formación del arco eléctrico. Debido a la pequeña superficie por la cual atraviesa la corriente eléctrica, la temperatura, por efecto joule, se eleva rápidamente en esa zona, generando una emisión termoiónica que ioniza el arco. Los electrones desprendidos como

consecuencia de la ionización, son incorporados al flujo de la corriente eléctrica, dándole al arco una mayor estabilidad.

Una vez establecido el arco eléctrico, el calor generado por el mismo produce la fusión tanto del metal base, como del extremo del electrodo. A medida que se va consumiendo el electrodo, se avanza con el mismo depositando el metal fundido sobre la superficie de la pieza; una vez solidificado el metal depositado, forma el cordón de soldadura.

La temperatura del arco eléctrico es aproximadamente de unos 5000°C (medida en su parte central); ésto produce la fusión casi instantánea del metal, generando pequeñas gotas de metal fundido en el extremo del electrodo que es transferido a través del arco hacia la pileta líquida. (Ver Figura No 4.2)

FIGURA No. 4.2.- Representación gráfica del depósito de material



4.1.2. Funciones del revestimiento

El revestimiento del electrodo tiene que cumplir con varias funciones, que para una mejor comprensión de las mismas, las podemos dividir en: eléctrica, metalúrgica, física-mecánica y económica.

4.1.2.1. Eléctrica

La formación del arco eléctrico requiere de la presencia de una atmósfera ionizada entre el extremo del electrodo y la pieza (espacio comprendido entre el ánodo y el cátodo). A tal efecto, el revestimiento contiene elementos generadores de iones, tales como, el sodio (Na) y el potasio (K) debido a sus bajos potenciales de ionización.

La función eléctrica del revestimiento otorga al arco una mayor estabilidad ya que produce:

- ⇒ Aumento de la Tensión de cebado en vacío.
- ⇒ Disminución del Potencial de ionización
- ⇒ Aumento del Poder termoiónico
- ⇒ Aumento de la Conductividad térmica

Para el caso particular, cuando se trabaja con Corriente Alterna, la ionización del arco permite mantener el “puente” eléctrico, entre el electrodo y la pieza, cuando es interrumpido el flujo de la corriente eléctrica al pasar ésta del

semiciclo positivo al negativo y viceversa. Caso contrario, de no existir dichos elementos ionizantes, el arco se habría extinguido.

4.1.2.2. Metalúrgica

Sin duda esta función es la más preponderante de las funciones del revestimiento, ya que influye directamente sobre la calidad del metal depositado, desde el punto de vista de las propiedades físicas. A través de los elementos que tiene incorporado el revestimiento podemos obtener, por un lado, los dos tipos diferentes de protección del baño fundido (medio gaseoso y sólido); y por otro lado, la transferencia de alguno de esos elementos desde el revestimiento hacia el metal depositado, lo cual produce un incremento en las propiedades mecánicas de la soldadura.

Las principales funciones metalúrgicas del revestimiento son las siguientes:

- Proveer una **Protección gaseosa**, producto de la descomposición de materias orgánicas del revestimiento, para proteger el arco eléctrico y el baño de fusión del aire circundante. El Oxígeno y Nitrógeno contenidos en el aire, al entrar en contacto con el metal líquido, causan, por un lado, la oxidación del hierro (Fe) que luego se manifiesta como porosidades internas del metal depositado, y por otro lado, el nitrógeno (N) reacciona con el hierro formando un compuesto llamado “nitruro de hierro”.

- Proveer una **Protección sólida**, que consiste en formar una capa de escoria que cubre primero la gota de metal líquido durante su transferencia hacia el metal base (pieza a soldar), y luego, durante la solidificación, protege al metal fundido del contacto con el aire circundante.

Además, la escoria formada actúa como capa aislante retardando el enfriamiento del metal depositado una vez solidificado, lo cual favorece la formación de una estructura metalográfica menos propensa a la fragilización.

- Promover la limpieza sobre la superficie a soldar mediante la **reducción de óxidos**. El revestimiento contiene elementos desoxidantes que durante la fusión reaccionan con las impurezas (óxidos) presentes en la superficie formando compuestos que luego son transferidos o pasan a formar parte de la escoria, dejando el metal limpio.
- Aportar elementos que posibiliten la **acción de refinamiento** del grano del metal depositado, lo cual favorece el mejoramiento de la tenacidad de la soldadura.
- Aportar **elementos de aleación**, tales como silicio (Si) y manganeso (Mn), que permiten mejorar las propiedades mecánicas del metal

aportado. El alma (núcleo) de los electrodos revestidos se fabrican con alambre de acero al carbono tipo SAE 1008, incorporándose los elementos de aleación a través del revestimiento, con lo cual se logran las características deseadas (composición química, resistencia mecánica, etc.)

4.1.2.3. Física y Mecánica

Las principales funciones físicas y mecánicas del revestimiento son las siguientes:

- Formación de un **cráter** en el extremo del electrodo que actúa como colimador mecánico que dirige el arco en la dirección deseada; además, evita la erraticidad. La uniformidad del cordón depositado depende principalmente de la conformación de dicho cráter.
- El revestimiento, siendo no conductor, constituye un **aislante eléctrico** del alambre.
- Permite la **soldadura en posición** (contra la gravedad) debido al efecto "sostén" que hace la escoria líquida sobre el metal fundido como consecuencia de la tensión superficial que posee la misma.
- Influye sobre el **aspecto y la forma del cordón** depositado. Una soldadura realizada con un electrodo desnudo (sin revestimiento)

produciría un cordón muy irregular, angosto, sin penetración y con mucha sobremonta.

4.1.2.4. Económico

El agregado de polvo de Fe en el revestimiento permite aumentar el **rendimiento de fusión** del electrodo (más kilos de metal aportado por hora).

Las diversas materias primas que componen los revestimientos y sus funciones las podemos ver en la siguiente tabla:

TABLA No. 4.3.- Materias primas y sus funciones

MATERIAS PRIMAS	FUNCION PRINCIPAL	FUNCION SECUNDARIA
Fundentes		
Fluorita	Fluidifica la escoria, da basicidad	Protección gaseosa
Caolin	Forma escoria	Estabiliza el Arco. Resistencia al recubrimiento
Talco	Forma escoria	Estabiliza el arco
Feldespato	Forma escoria	Estabiliza el arco
Amianto	Forma escoria. Da resistencia al recubrimiento.	Estabiliza el arco
Silicatos de K	Forma escoria. Aglomerante	Estabiliza el arco
Silicatos de Na	Da protección gaseosa.	Estabiliza el arco
Calcita	Da protección gaseosa.	Estabiliza el arco. Agente oxidante.
Magnesita	Da protección gaseosa.	Estabiliza el arco
Dolomita	Forma escoria, da basicidad a la escoria	Estabiliza el arco
Materias Orgánicas		
Celulosa	Protección gaseosa Ayudante de extrusión	Reductor. Da resistencia al recubrimiento.

Metales		
Ferro-manganeso	Aporta manganeso	Forma escoria
Ferro-silicio	Reductor	
Polvo de hierro	Anuncia el rendimiento	
Ferro-aleaciones y No ferrosos	Aportan elementos aleantes Dexoxidantes	
Minerales		
Oxidos de Fe	Agentes oxidantes, fluidifican y dan basicidad a la escoria	Estabilizan el arco. Disminución de Temperatura (enfriamiento)
Rutilo	Forma escoria. Estabiliza el arco	
Cuarzo	Forma escoria	

Los tipos de revestimiento y principales defectos en la soldadura se pueden ver o apreciar mejor en el Anexo # 4.

CAPÍTULO 5.- SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ELECTRODOS

El electrodo esta formado en un 80% por varilla de acero en volumen, la misma que se recubre con un revestimiento en el 20% restante.

El Alambrón, en rollos de 5.5 mm de diámetro, es la materia prima para la obtención de las varillas de acero. Los rollos de alambrón son alimentados con ayuda de un montacargas a un caballete devanador, con capacidad para 4000 kg. (dos rollos de 2000 kg. c/u) de alambrón; una vez aquí son cortadas las amarras que trae cada rollo y la punta del mismo es soldada con la cola del rollo que está por terminar, de modo que el proceso sea continuo.

La máquina empieza a halar el alambrón y lo guía a través de un juego de seis rodillos de acero, colocados a 90° uno del otro para que por fraccionamiento se desprenda la calamina (decapado) que trae el alambrón, y que se recoge en un recipiente bajo la máquina.

Luego, el alambrón ya limpio es guiado hacia el primer paso de **Trefilación**, pasando primeramente por un cajón que contiene un jabón lubricante en polvo, que se impregna al alambrón, para evitar el desgaste excesivo de la

herramienta que realiza el trefilado (hilera), que se coloca a continuación del cajón y tiene como objetivo reducir el alambre de su diámetro inicial al requerido. Esto ocurre en la superficie de trabajo de la herramienta que está constituida por un metal duro y tiene forma cónica, con un diámetro a la entrada y otro a la salida; la reducción del alambre es realizada por estiramiento en frío del mismo. Esto es lo que se denomina *Paso de Trefilación*. En cada paso se va disminuyendo gradualmente el diámetro del alambre. El número de pasos depende del diámetro final requerido.

En cada paso el alambre se va enrollando en una bobina giratoria, que a su vez entrega al siguiente paso, a excepción de la última bobina de cada juego que simplemente es recargada con ayuda de un teclé. Este lleva el rollo de alambre trefilado a una balanza para ser pesado, amarrado e identificado, para luego ser llevado a la sección de **Enderezado y Corte**.

El rollo de alambre trefilado es montado en un dispositivo giratorio, con ayuda de un puente grúa que corre a todo lo largo de la planta, excepto en la zona de la Trefiladora. Una vez allí, se cortan las amarras del rollo y se guía luego el alambre al interior de la máquina previamente calibrada, a través de un par de rodillos impulsores y luego a través de un cuerpo enderezador que gira a altas revoluciones, consiguiendo enderezar el alambre al pasarlo por cinco pares de mordazas alineadas, en forma tal que obligan al alambre a perder su curvatura inicial.

Pasa luego el alambre ya enderezado por otro juego de rodillos impulsores, que dirigen el alambre a través de un casquillo que, en juego con una cuchilla de corte y un tope, cortan la varilla al largo deseado (350 mm) a razón de dos cortes por cada ciclo (ida y vuelta). Estas varillas son recogidas para ser pesadas e identificadas, para luego ser llevadas a la sección de Extrusión, donde se realiza la formación de los electrodos húmedos.

Para el proceso de fabricación del revestimiento, se prepara una **Mezcla Seca**, con varios componentes químicos en polvo (según el tipo de electrodo). Estos componentes son pesados en containers semicónicos montados sobre una balanza que corre por medio de un riel a todo lo largo del área de mezclas, y se va deteniendo en las distintas estaciones donde están los componentes en tambores o sacos perfectamente identificados, que van siendo agregados hasta completar los kilogramos que indica la fórmula de mezcla. Se baja el container de la balanza por medio de un tecla, y se lo identifica con una etiqueta donde se anota el tipo de electrodo para el que se va a utilizar la mezcla.

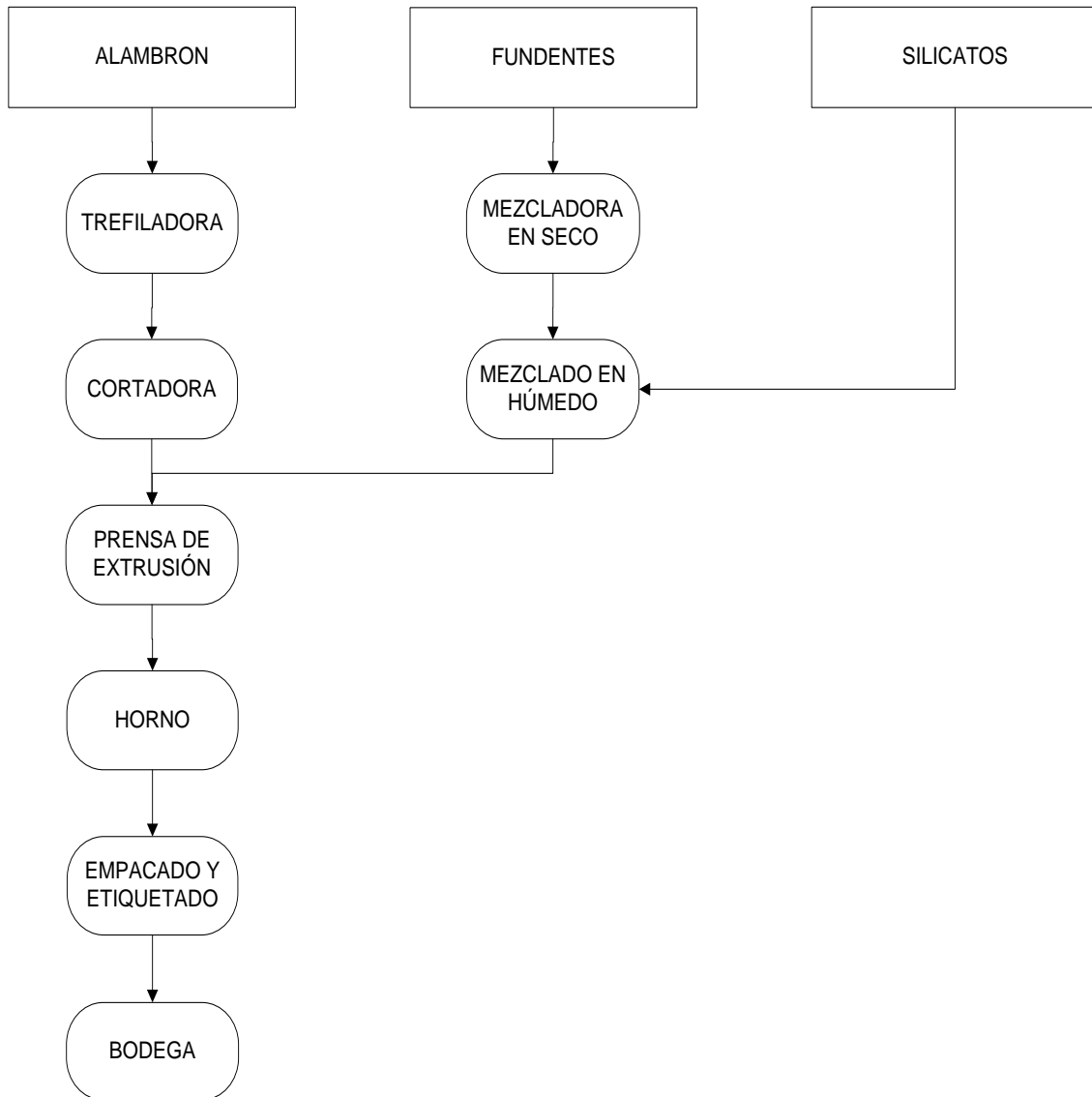
Una vez preparada la mezcla seca, se la vierte en una mezcladora para un **Pre-mezclado**, que dura de 6 a 10 minutos; posteriormente, se le añade aglutinantes (silicato) para formar una **Mezcla Húmeda** (pastosa) durante aproximadamente 15 minutos (amasado). Luego es descargada a través de una compuerta a una **Briquetadora**, donde se procede a compactar la masa dándole una forma cilíndrica (tochos) para facilitar la carga en la extrusora.

Los tochos de mezcla húmeda ingresan por una compuerta a la **Extrusora** para ser adherida a la varilla. Esta viene de la **Alimentadora** de varillas conformada por una tolva llena de alambres, de donde caen individualmente con la ayuda de levas que los van empujando hacia unos rodillos alimentadores dentados. A continuación pasan por un juego de rodillos que son acelerados hasta 350 m/min, para luego pasar a través del “tubo guía de varillas” hacia el “dado de varilla”. Por el espacio que hay entre este dado y el dado de masa, fluye la mezcla a elevadas presiones para formar así los electrodos húmedos. De aquí pasarán por transportadoras en donde serán cepillados, lijados e identificados según el tipo de electrodo, con marca y también identificados según la codificación AWS.

Estos electrodos serán sometidos a un pre-secado al ambiente, de acuerdo con el diámetro, a fin de retirarle la humedad en aproximadamente 50 %. El 50 % restante se lo hará en un **horno eléctrico**, durante determinado tiempo y a una determinada temperatura dependientes del tipo de electrodo. Finalmente serán **empacados** en fundas de 5 kilos, y éstas en cajas de 20 kilos, que llevarán la respectiva rotulación, con la orden de producción, y el N° de empacador. Las cajas son embaladas en palets con capacidad para 90 cajas, y son llevadas a la bodega central, para posteriormente ser entregadas a los diferentes clientes.

5.1.1. Diagrama de flujo de proceso

DIAGRAMA No. 5.1.- Flujograma del proceso de producción



5.1.2. Detalle del diagrama de proceso de producción de electrodos

Para la realización del gráfico de proceso, utilizaremos los siguientes símbolos:

O OPERACION

⇒ TRANSPORTE

□ INSPECCION

D ESPERA, DEMORA

∇ ALMACENAJE

Inicio de proceso

	ALAMBRON	FUNDENTES	SILICATOS
▽	DEPOSITO DE ALAMBRON	▽	DEPOSITO DE FLUXES
□	INSPECCION DE ROLLOS DE ALAMBRON	□	INSPECCION DE FLUXES
⇒	TRANSPORTE DE ROLLOS EN MONTACARGA HACIA CABALLETE	⇒	LLEVAR CONTAINER SEMICONICO, EN TECLEE HACIA CARRO PORTA - BALANZA.
○	MONTAR ROLLO EN CABALLETE	○	MONTAR CONTAINER EN BALANZA
○	SOLTAR AMARRAS	○	PESAJE ELECTRONICO
○	SACAR DESPUNTES	○	ETIQUETADO DE CONTAINER
○	SOLDAR PUNTA DEL ROLLO CON LA COLA DEL ANTERIOR	D	ALMACENAJE DE CONTAINERS
○	AJUSTE DE MAQ. DE TREFILAR: RODILLOS DE DECAPAR - POLVO LUBRICANTE - DADOS DE TREFILAR.	⇒	LLEVAR CONTAINER DE MEZCLA, EN TECLEE HACIA MEZCLADORA
○	TREFILADO	○	VERTER EN MEZCLADORA
□	INSPECCION DE DIAMETRO - ESTADO SUPERFICIAL	○	PRE - MEZCLADO (MEZCLA SECA)
○	DESMONTAJE DEL ROLLO DE LA ÚLTIMA BOBINA		AGUA
⇒	TRANSPORTE DE ROLLO TREFILADO , EN TECLEE HACIA BALANZA	○	AMASADO (MEZCLA HUMEDA)
○	DEJAR ROLLO SOBRE BALANZA	□	INSPECCION DE MEZCLA
			BOMBEAR SILICATO HACIA DISPOSITIVO DE PESAJE.
			PESAJE
			TRANSPORTE NEUMATICO DE SILICATO A TOLVA DE ALIMENTACION

- | | | | |
|--------------------------|---|-----------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | CONTROL DE PESO DE ROLLO TREFILADO | <input type="radio"/> | ABRIR COMPUERTA Y MEZCLA CAE POR GRAVEDAD A BRIQUETADORA |
| <input type="radio"/> | AMARRAR Y ETIQUETAR ROLLO | <input type="radio"/> | COMPACTAR MEZCLA (TOCHOS) |
| \Rightarrow | TRANSPORTE DEL ROLLO TREFILADO | \Rightarrow | LLEVAR TOCHOS HACIA COMPUERTA DE EXTRUSORA |
| D | ALMACENAMIENTO DE ROLLOS | <input type="radio"/> | COLOCAR TOCHOS EN RECAMARA DE EXTRUSION |
| \Rightarrow | TRANSPORTE DEL ROLLO TREFILADO, EN PUENTE GRÚA HACIA MAQ. DE ENDEREZADA Y CORTE | | |
| <input type="radio"/> | MONTAJE DEL ROLLO EN DISPOSITIVO GIRATORIO | | |
| <input type="radio"/> | AJUSTE DE MAQUINA | | |
| <input type="radio"/> | ENDEREZADO Y CORTE | | |
| <input type="checkbox"/> | INSPECCION DE VARILLA | | |
| <input type="radio"/> | ETIQUETADO | | |
| D | ALMACENAMIENTO DE VARILLAS | | |
| \Rightarrow | LLEVAR CAJAS DE VARILLA, EN PUENTE GRÚA HACIA LA TOLVA DE ALIMENTACION DE EXTRUSORA | | |
| <input type="radio"/> | MONTAR VARILLAS EN TOLVA ALIMENTADORA | | |
| <input type="radio"/> | EXTRUSION (REVESTIMIENTO DE VARILLA) | | |
| <input type="checkbox"/> | INSPECCION DE DIAMETRO Y CONCENTRICIDAD | | |

- CEPILLADO
- LIJADO
- ROTULADO
- INSPECCION DE ELECTRODO HUMEDO
- PRE - SECADO
- LLEVAR ELECTRODOS HUMEDO EN PALETEES HACIA HORNO ELECTRICO DE SECADO
- SALIDA DE PALETEES
- CONTROLAR TEMPERATURA DEL HORNO
- SECADO
- INSPECCION : PRUEBA DE SOLDABILIDAD
- LLEVAR PALETEES HACIA SECCION DE EMPAQUE
- EMPACADO Y ETIQUETADO FINAL
- INSPECCION FINAL
- TRANSPORTE A BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO
- ALMACENAMIENTO DE CAJAS DE ELECTRODOS

5.2. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Para programar la producción, hay que realizar numerosas actividades planificadoras con el objetivo de elaborar la documentación de la producción.

Para tener una mejor visión general de esas actividades planificadoras, se divide toda la programación de la producción en las siguientes actividades parciales:

- La planificación del material
- La planificación de los recursos
- La planificación de los procesos
- El desarrollo del tipo de producto

La elaboración del plan de trabajo es el resultado de las reflexiones y cálculos hechos con relación a los pasos antes mencionados, en forma detallada, independiente de la cantidad deseada de producto y de los plazos establecidos para la entrega.

5.2.1. Elaboración de la planificación del material

Para fabricar el electrodo de una manera rentable, es necesario primeramente decidir los materiales apropiados a utilizar, en qué cantidades y en qué momento conviene comprar y almacenar, para cada tipo de electrodo.

Para la planificación del material se tienen disponibles los registros de datos del material, en los que está descrita toda la materia prima utilizada, a saber, tanto la que está almacenada, como también la que se pueda comprar. En el **Manual**

de especificaciones de materia prima se observan las especificaciones del Alambrón que debe ser comprado. (Anexo # 5)

El jefe de la planta está a cargo de todas las actividades que facilitan el flujo ininterrumpido de materia prima, materiales, herramientas, piezas y servicios requeridos por el sistema de producción.

El sistema de inventarios recibe como insumos las materias primas y materiales que se almacenan para su disponibilidad, controlando, al mismo tiempo, las entradas y salidas, tanto de materias primas como del producto terminado.

Para adquirir y mantener las cantidades más ventajosas de materia prima, materiales y productos, se emplean diversos procedimientos documentados. **(Manual de Control de Inventarios)**.

5.2.2. Elaboración de la planificación de los recursos

Se estipula los recursos físicos y humanos que se utiliza para fabricar un determinado tipo de electrodo. Al hacer esto se decide, partiendo de procesos óptimos de fabricación, qué recursos físicos existentes se van a utilizar y qué otros recursos físicos se va a necesitar comprar. Además, se estipula qué requisitos tienen que cumplir el personal, sobre todo desde el punto de vista de la calificación, para que la producción se lleve a cabo de manera apropiada.

En la planificación de los recursos humanos se establecen las necesidades de mano de obra y las horas de trabajo, tanto ordinarias como suplementarias, así como la selección del personal para determinado trabajo. Todo esto está documentado en el **Manual de Responsabilidades del Personal de la Planta de Electrodo**s. (Anexo # 6)

Para tener una visión clara de los recursos físicos requeridos, se dispone de la hoja de instrucción de registro de datos de recursos físicos (equipos). Las entradas en el registro de datos contienen todas las características relevantes de dichos recursos.

Todo cambio de características es anotado inmediatamente en el registro de datos de los recursos físicos, en el **Manual de Equipos de la Planta de Electrodo**s, y las instrucciones para el manejo del equipo, en el **Manual de Operación de los Equipos**.

5.2.3. Elaboración de la planificación de los procesos

Se estipula el orden cronológico que siguen las operaciones de trabajo de fabricación para un determinado tipo de electrodo, así como las actividades en las diferentes etapas de la fabricación del mismo, las herramientas auxiliares que se requieren y los tiempos de operación estimados. Esto se establece en el **Manual de Procesos de la Planta de Electrodo**s.

El jefe de planta es el encargado de lograr que los procesos sean más eficientes, cambiando los procesos de complejos a simples.

5.2.4. Elaboración del desarrollo del tipo de producto

Para el desarrollo del tipo de producto, conjuntamente con el departamento de desarrollo y control, se busca la manera o las maneras de desarrollar los tipos de productos (en nuestro caso electrodos revestidos), de modo que se logre que el proceso de fabricación resulte más rentable, sin limitar el valor útil del producto; esto sucede con el electrodo Celulósico C-13

En la planta de electrodos todos los diferentes tipos de electrodos revestidos se fabrican bajo licencia Oerlikon Welding, quienes son los que desarrollan el producto. En la planta, el departamento de desarrollo y control **revalida** dichas fórmulas.

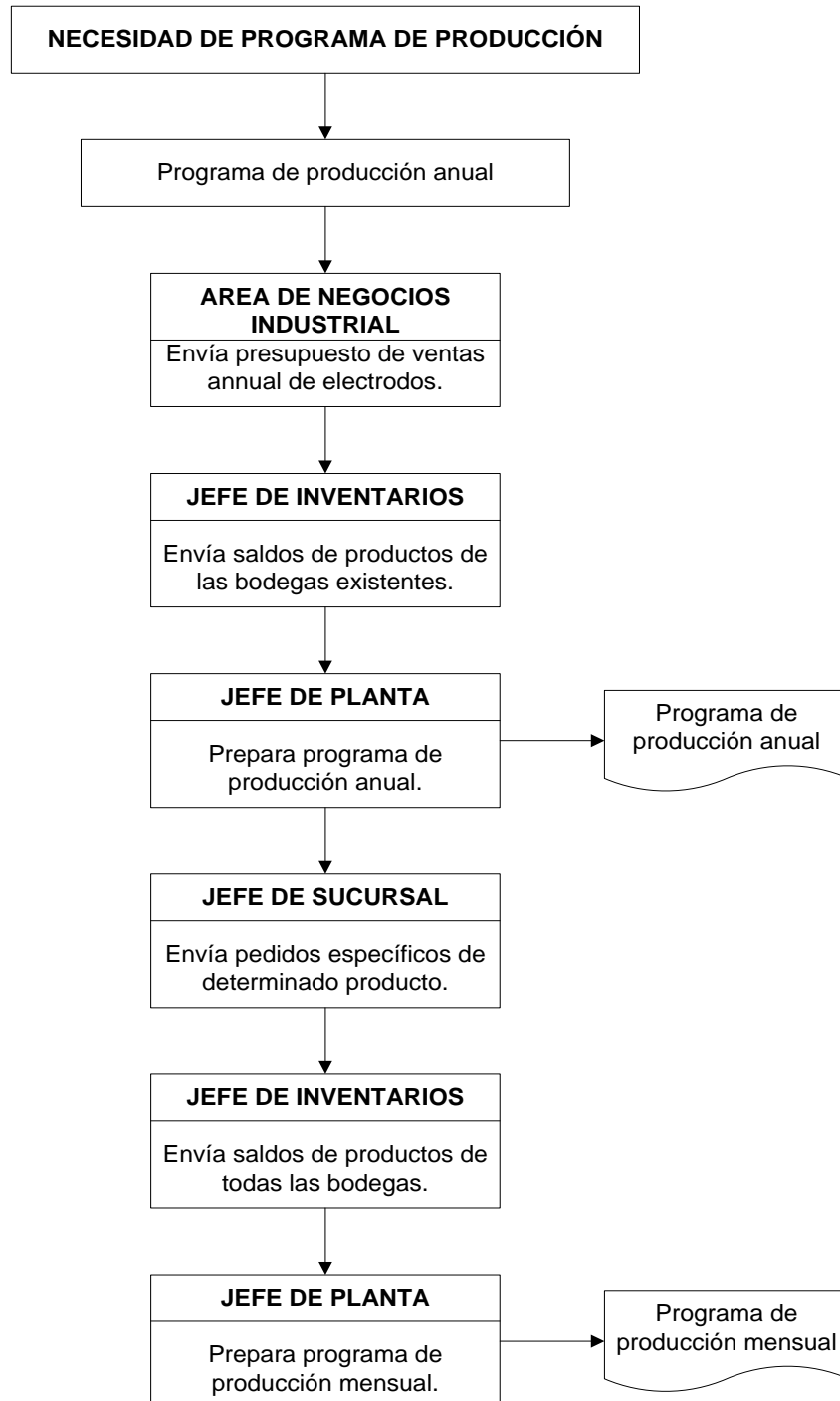
Los documentos del tipo de producto y las fórmulas elaborados por la concesionaria son guardados por el departamento de desarrollo y control; la revalidación es elaborada por el mismo departamento y almacenada en el **Manual de Normas de Producción de Electrodo**s; y el catálogo con los requisitos de producción en el **Manual para la Fabricación de Electrodo**s.

En lo que respecta a las normas internacionales empleadas para la elaboración de electrodos, nos referimos a la **Norma AWS** (American Welding Society);

AWS A5.1-91. Cabe recalcar que el proceso de producción también está respaldado por la certificación ISO 9000.

5.2.5. Diagrama de Flujo para el Programa de Producción

DIAGRAMA No. 5.2.- Flujograma del programa de producción



5.3. LANZAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN (ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN)

El programa de producción se confecciona partiendo de un programa de ventas, o de los pedidos internos para mantener un stock, o los que vayan llegando de los clientes. En la planta de electrodos se elabora el programa de producción anual, y el programa de producción mensual.

5.3.1. Elaboración del programa de producción anual

El programa de producción anual se elabora a partir del pronóstico actualizado de ventas anual, al que se suma o resta cualquier incremento o decremento deseado en los niveles de inventario o de acumulación. Este programa de producción a largo plazo, y que en principio no tiene un carácter realmente obligatorio, porque en él se fijan los plazos mensuales que se requieren para fabricar los distintos electrodos, sirve para establecer la compra de materia prima y materiales requeridos en el año, así como los compromisos en cuanto a mano de obra y equipo. El Anexo # 7 muestra el formato del Programa de Producción Anual.

5.3.2. Elaboración del programa de producción mensual

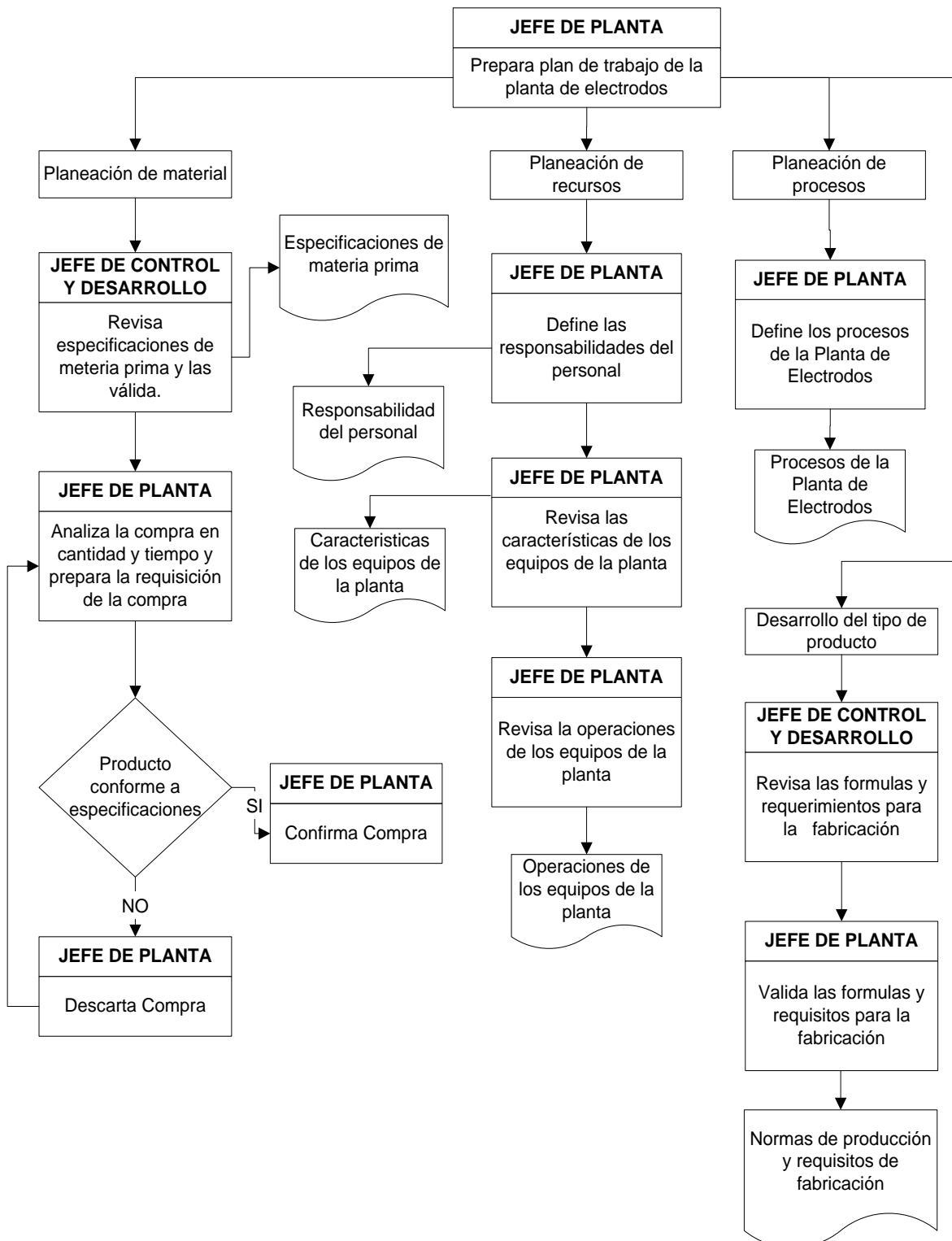
El programa de producción mensual se elabora a partir del programa de producción anual, de los pedidos internos, de los saldos de los inventarios mensuales y de los pedidos de los clientes directos. Este programa de corto plazo tiene carácter de obligatorio, y en él se fija día a día los plazos que se requieren para fabricar los distintos electrodos. Esto permite conocer la

cantidad de unidades que se espera obtener por lote, y las prioridades de los recursos con que se cuenta en la fabricación. Se programa las actividades de producción de modo que el personal y el equipo estén siempre trabajando en lo correcto. El Anexo # 8 muestra el formato del Programa de Producción Mensual.

5.4. PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (ESQUEMA DEL PROCESO)

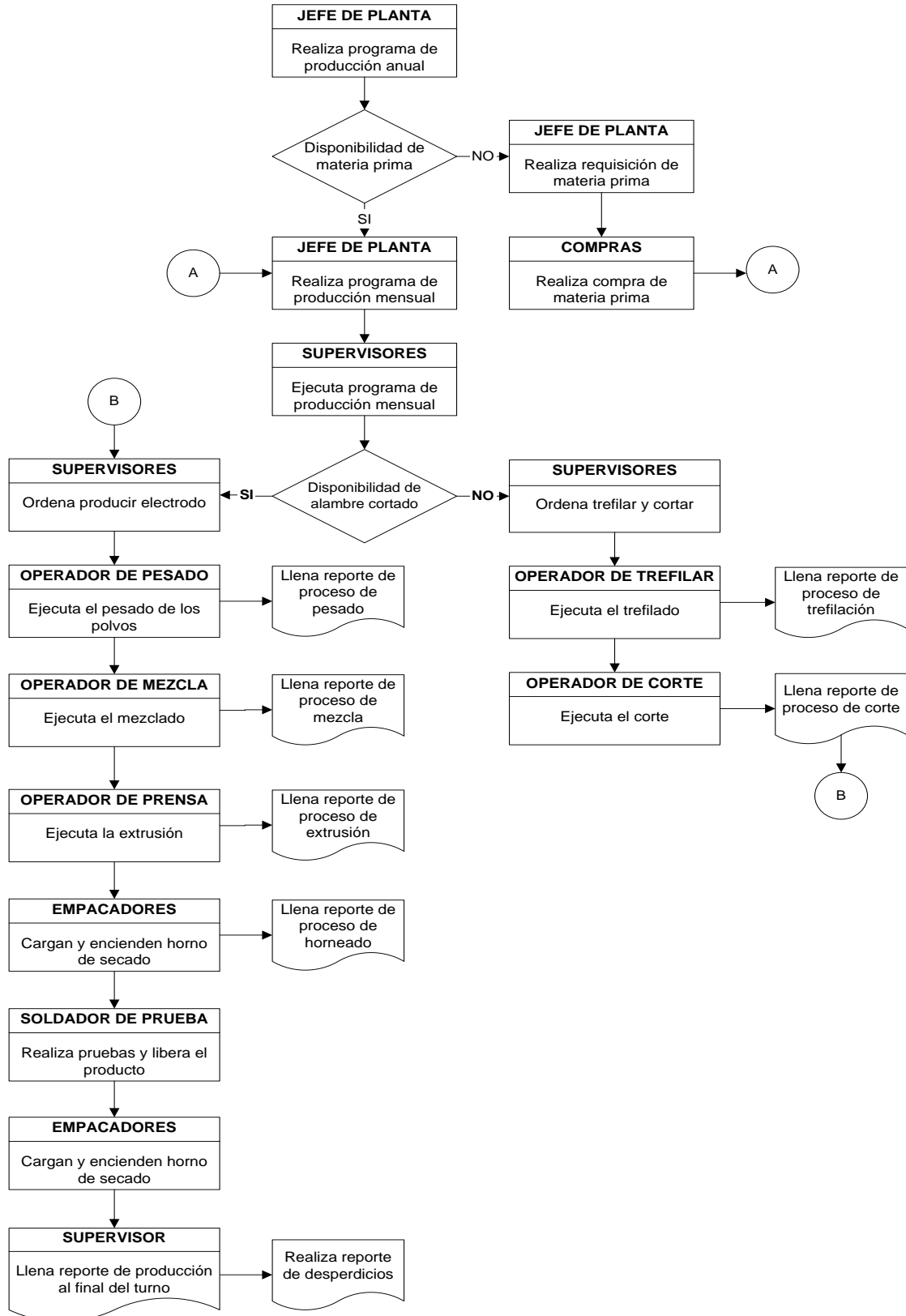
En la siguiente página se puede apreciar el esquema del proceso para la planificación de la producción. (Diagrama No. 5.3)

DIAGRAMA No. 5.3.- Flujograma de la planificación de la producción



5.5. ELABORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ELECTRODOS

DIAGRAMA No. 5.4.- Flujograma de la producción de electrodos



5.6. ALMACENAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

La bodega de producto terminado recibe un reporte del jefe de planta, en el que se detallan las cantidades y el tipo de unidades producidas que se están entregando.

Utilizando palets, las cajas se apilan y con el uso de un montacargas son llevadas a la bodega, donde se almacenan junto a otras cajas del mismo tipo.

AGA S.A. cuenta con dos bodegas, una que tiene un área de 124 m² donde se almacenan los materiales y la denominan bodega de materia prima, y otra con un área de 116 m² donde almacenan los electrodos, que es la bodega de producto terminado.

En el plano de distribución de planta (Anexo # 3), se observa claramente la ubicación de ambas bodegas.

5.7. CONTROL DE EXISTENTES

Para cada producción se asigna un número de referencia, para poder identificar y cuantificar todos los materiales utilizados durante el proceso de esa producción.

El bodeguero de materia prima, una vez que recibe una orden verbal del jefe de planta, entrega la cantidad de material solicitado y la anota provisionalmente en un cuaderno.

Cuando se termina de empacar la última caja que corresponde a ese número de producción, entonces el bodeguero procede a descargar del kárdex todos los materiales utilizados.

CAPÍTULO 6.- ANÁLISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO

6.1. INTRODUCCIÓN

Cuando se examina un proceso o un fenómeno, podemos producir una variedad de información; entonces, es preciso determinar cuál es la de interés para los fines que tengamos, y como conseguirla; así mismo, se debe tener una idea del número de observaciones que son necesarias para disponer de información confiable.

Para la obtención de información estadística, se emplean dos técnicas bien diferenciadas: los métodos de muestreo y los experimentos diseñados.

Una investigación por muestreo es un estudio cuya finalidad es la recolección de datos, y en el que el investigador no tiene control sobre las condiciones o los individuos participantes. Ejemplos de muestreos son los censos, las encuestas electorales o de consumo de un producto.

Un experimento es cualquier proceso o estudio en el que se realiza una recolección de datos donde el investigador, usualmente, tiene control sobre algunas condiciones bajo las cuales el experimento tiene lugar. Por ejemplo, en el desarrollo de un nuevo medicamento, en la introducción de una nueva semilla a la producción industrial, en la preparación de una nueva aleación de acero para usar en los automóviles, es necesario realizar experimentos para comparar su efectividad con respecto a otros previamente existentes.

6.1.1. Unidad muestral

Una unidad es una persona, animal, planta o cosa que es estudiada por un investigador; es el objeto básico sobre el cual el estudio o experimento se lleva a cabo.

6.1.2. Población

Una población es una colección completa de personas, animales, plantas o cosas de las cuales se desea recolectar datos. Es el grupo entero al que queremos describir o del que deseamos sacar conclusiones.

6.1.3. Muestra

Una muestra es un grupo de unidades seleccionadas de un grupo mayor (la población).

6.1.4. Tipo de datos

A las mediciones o valores obtenidos en un estudio estadístico se los denomina *datos*. Éstos pueden ser numéricos (cuantitativos) o descriptivos (cualitativos).

6.1.4.1. Datos discretos

Un conjunto de datos se denomina discreto, si los valores u observaciones que pertenecen a él son distintas y separadas, es decir que ellas pueden ser contadas. Por ejemplo, el número de personas que entren a un almacén en un día determinado.

6.1.4.2. Datos categóricos

Un conjunto de datos se denomina categórico, si los valores u observaciones que pertenecen a él pueden ser ordenados por categorías. Cada valor debe ser asignado a una sola categoría, las cuales no se superponen entre sí. Por ejemplo en un almacén, ciertos productos como los zapatos pueden ser categorizados por su color, tamaño y diseño.

Las categorías deben ser escogidas cuidadosamente porque una mala selección perjudicaría el resultado de una investigación. Cada valor debe pertenecer a una sola categoría y, por lo tanto, no debe haber duda de a cuál pertenece.

6.1.4.3. Datos nominales

Un conjunto de datos se denomina nominal, si a los valores u observaciones que pertenecen a él se le puede asignar un código, en la forma de un número, donde los números son simplemente una etiqueta. Los datos nominales pueden ser contados, pero no pueden ser ordenados o medidos. Por ejemplo, el estado civil de una persona, puede codificarse como "S" si es soltero, "C" si es casado, etc.

6.1.4.4. Datos continuos

Un conjunto de datos se denomina continuo, si los valores u observaciones que pertenecen a él pueden tomar cualquier valor dentro de un intervalo finito o

infinito. Los datos continuos pueden ser contados, ordenados y medidos. Por ejemplo la estatura de una persona, o el tiempo recorrido de ir de un lugar a otro.

6.1.5. Característica de los datos

Todo conjunto de datos presentará ciertas características que permiten, en una primera aproximación, deducir el comportamiento del proceso del cual fueron obtenidos. Las dos principales características son: la dispersión y la asimetría.

6.1.5.1. Dispersión

Los valores obtenidos en una muestra no son todos iguales. La variación entre estos valores es denominada dispersión. Cuando se mide la dispersión se desea detectar el grado de diseminación de los valores individuales alrededor del centro de las observaciones.

6.1.5.2. Simetría y asimetría

Un conjunto de datos es simétrico cuando los valores de los datos están distribuidos en la misma forma por encima y por debajo de la mitad de la muestra.

La asimetría en un conjunto de datos es el agrupamiento que ellos presentan a un sólo lado de su centro. Los valores situados a un lado de la mitad de los datos, tienden a estar más alejados que los valores que se encuentran en el otro lado.

6.1.6. Distribución de frecuencias e histogramas

La distribución de frecuencias es una herramienta con la que podemos resumir, mediante una tabla, numerosos datos de manera que se ponga de manifiesto la localización y la dispersión de las observaciones.

Con una tabla de frecuencias se pueden resumir datos categóricos o nominales. Si los datos son continuos, se puede resumirlos una vez que se los ha dividido en grupos sensibles. Si se dispone de un número alto de observaciones, n , se procede a establecer cuántas veces se repite cada una de ellas, para determinar su *frecuencia absoluta*. Para obtener dicha frecuencia, se debe ordenar los datos x_1, x_2, \dots, x_n en una columna, de forma ascendente, colocando a continuación sus respectivas frecuencias absolutas. Nótese que la suma de todas las frecuencias absolutas debe ser igual al número de observaciones n .

Luego se forma una tercera columna en la que se pone la frecuencia relativa, que resulta de la división de la frecuencia absoluta para el número de observaciones.

6.1.7. Medidas de tendencia central

Cuando se dispone de un conjunto de observaciones, es de interés encontrar valores en torno al cual se agrupan la mayoría de ellas o el centro de las mismas. Las medidas descriptivas que permiten especificar estos valores se denominan *medidas de tendencia central*.

6.1.7.1. Media muestral o promedio

El promedio, denotado como \bar{x} , de un conjunto de n mediciones, es igual a la suma de sus valores dividido entre n .

6.1.7.2. Mediana

La mediana de un conjunto de datos es el valor que se encuentra en el punto medio, cuando se ordenan los valores de menor a mayor. Se la denota como *Med* y tiene la propiedad de que a cada lado del valor se encuentran el 50% de las observaciones.

6.1.7.3. Moda

La moda de un conjunto de datos, es aquel valor que tiene la mayor frecuencia absoluta. Se la denota como *Mo*. Existen ocasiones en las cuales los datos pueden tener dos o más modas, o no puede existir, cuando todos los datos tienen igual frecuencia. Para su determinación es útil construir una tabla de frecuencias de los datos.

6.1.8. Medidas de dispersión

Luego de determinar la localización de las observaciones, es conveniente tener una idea de cuán dispersas se encuentran. Las medidas descriptivas que permiten especificar esta característica se denominan *medidas de dispersión* o *medidas de variabilidad*.

Estas medidas deben ser tales que si los datos están ampliamente extendidos, la medida sea alta; y cuando los datos se encuentren muy agrupados, sea baja.

6.1.8.1. Desviación estándar

La desviación estándar, notada como s , de un conjunto de n mediciones, es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las mediciones $(x_i - \bar{x})$, respecto al promedio, dividida entre $n - 1$. Nótese que la desviación estándar es siempre positiva y sus unidades de medida son aquellas que corresponden a los datos originales.

$$s = \sqrt{\frac{(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

6.1.8.2. Evento

Se llaman eventos a todos los resultados posibles de un experimento u otra situación que involucre incertidumbre.

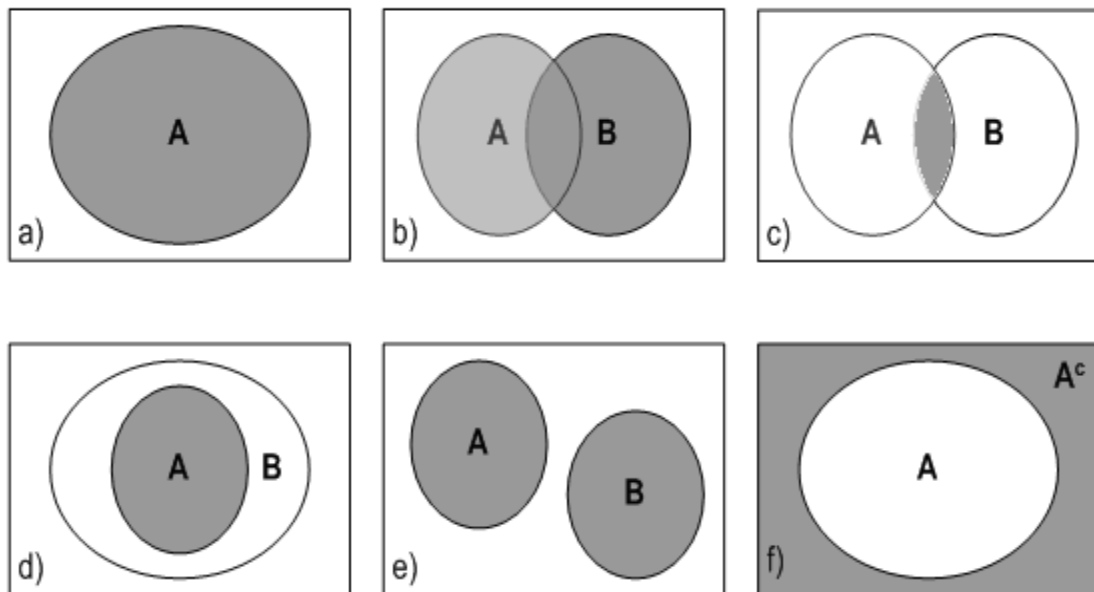
Los eventos se clasifican en: elementales, aquellos que constan de un sólo resultado; y compuestos, que consisten de más de un resultado. Por ejemplo, si al lanzar un dado, sale dos, es un evento elemental; mientras que el número que aparece es par, es un evento compuesto, porque está conformado de los eventos elementales si "sale dos", "sale cuatro" y "sale seis".

6.1.9. Probabilidad

Una probabilidad provee una descripción cuantitativa de la posibilidad de ocurrencia de un evento particular, y se puede pensar que es su frecuencia relativa, en una serie larga de repeticiones de una prueba, en la que uno de los resultados es el evento de interés.

Formalmente, la probabilidad de un evento A se define como una función que cumple:

GRÁFICO No. 6.1.- Representación gráfica de las distintas funciones



- a) Ocurre el evento A.
- b) Ocurre A u ocurre B ($A \cup B$).
- c) Ocurre A y ocurre B ($A \cap B$).
- d) Si A ocurre, también B ($A \subset B$).
- e) Eventos incompatibles ($A \cap B = 0$).
- f) No ocurre A (ocurre A^c).

6.1.10. Variables aleatorias

El resultado de una prueba aleatoria no siempre es un número; por ejemplo, en el lanzamiento de una moneda los resultados son "cara" y "escudo". Sin embargo, a cada uno de los eventos le podemos asociar un número y sobre ellos aplicar las leyes que rigen la probabilidad.

Consideremos la definición clásica de función real donde a la cantidad y se le llama función del número x , si a todo valor x de la variable independiente, le corresponde un valor y de la variable dependiente. Si esta idea la extendemos, se define una función donde la variable independiente no sea un número real sino que, en nuestro caso, sea un espacio muestral.

6.1.11. Muestreo aleatorio simple

Un buen diseño muestral requiere que los elementos escogidos sean tomados al azar. Con esto garantizamos que la muestra represente a la población y que las inferencias a realizar sean válidas.

6.1.12. Intervalo de confianza

En el contexto de estimar un parámetro poblacional, un intervalo de confianza es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada.

La probabilidad de que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido, se denomina "nivel de confianza", y se denota $1 - \alpha$. La

probabilidad de equivocarnos se llama nivel de significancia y se simboliza con α . Generalmente se construyen intervalos con confianza $1 - \alpha = 95\%$ (o significancia $\alpha = 5\%$).

6.1.13. Excentricidad

La excentricidad es un parámetro que determina el grado de desviación de una sección circular con respecto a otra circunferencia.

Gráficamente la excentricidad, en este caso del electrodo en análisis, se presenta de la siguiente manera:

GRAFICO No. 6.2.- Representación de la inexistencia de excentricidad

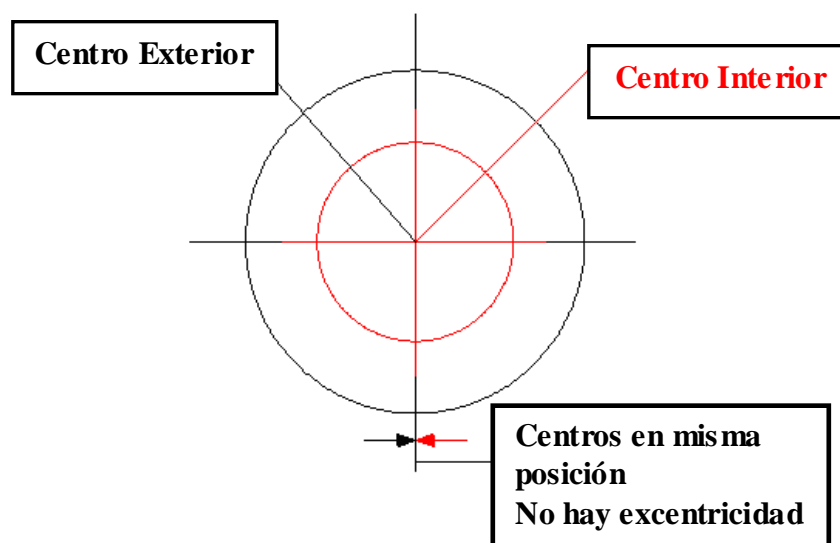


GRÁFICO No. 6.3.- Representación gráfica de la existencia de excentricidad

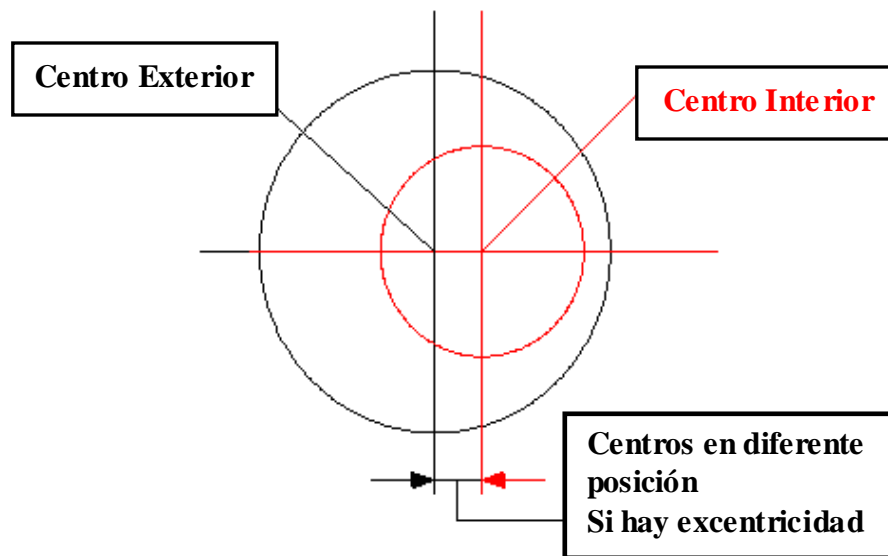


FOTO No. 6.4.- Electrodo no excéntrico (N) vs. Electrodo excéntrico E



En esta foto podemos apreciar la desviación que se genera en el cordón de soldadura a causa de un electrodo excéntrico. El cordón del lado derecho está

representado con una N , lo cual indica cero excentricidad, y el del lado izquierdo con una E , lo cual indica la existencia de excentricidad en el electrodo. El electrodo utilizado en el cordón N es de excentricidad igual a $2/100$ mm, y el utilizado en el cordón E de una excentricidad igual a $8/100$ mm. Hay que recordar que esta desviación puede ser corregida por el soldador, con un pequeño giro de la muñeca al momento de soldar, pero esto no corresponde al proceso "normal" de soldadura, según las Normas.

6.2. SITUACIÓN ACTUAL.

Según un análisis realizado en el proceso de la fabricación de electrodos en la planta de electrodos de AGA S.A., mientras se realizaba la producción del electrodo celulósico C-13, se obtuvo la siguiente información de cada etapa del proceso de producción.

6.2.1. Trefilación

La trefiladora trabaja con una velocidad uniforme, provocando un desgaste en los dados de trefilación, lo cual conlleva el cambiarlos alrededor del **tercer día** debido a que su diámetro se agranda y no se consigue el diámetro requerido.

Un aspecto crítico, pero que está controlado durante la trefilación, es la refrigeración de los dados; sin ésta, los dados se calentarían por la fricción del alambre contra ellos y se elevaría su temperatura del mismo, provocando un alto desgaste, con lo cual se producirían ovalaciones en los dados provocando

que el alambre sufra la misma ovalación al ser trefilado, y su desgaste sea aún más irregular.

Otro elemento importante para evitar el desgaste es la lubricación que se utiliza en el dado durante la trefilación; con esta lubricación se consigue una mayor duración del dado; sin embargo, es necesario retirarla antes de que se termine el proceso, por lo que antes del último paso de trefilación, se tiene instalada una caja de lavado del alambre, en donde a través de una limpieza con Kerex, se retira el exceso del “jabón de trefilación”. De este modo se evita una mayor pérdida de alambre en la cortadora, ya que al tener el lubricante, éste patina en el rodillo lo que origina que se produzcan varillas cortas y además un mayor paro en la extrusora. Esto se debe a que, de igual forma que en la cortadora, el alambre patina en el rodillo alimentador. El kerex es reemplazado cada vez que se observe que el alambre no se limpia correctamente, lo cual ocurre aproximadamente cada **quinto día** de producción.

6.2.2. Corte

Unos de los factores que intervienen en la calidad del producto y afectan a la productividad del proceso, es la calibración de la máquina cortadora. Al ser una máquina antigua, su calibración es manual a base de perillas de ajuste que enderezan el alambre, el mismo que debe quedar perfectamente recto para su uso posterior en el siguiente proceso de fabricación. El no tener o no conseguir un ajuste adecuado, provoca fallos en el corte de las varillas, dejándose de obtener el largo o la rectitud deseadas dentro de los parámetros de calidad.

Las mordazas, que se encuentran dispuestos en forma de senoidal en un cilindro que gira a unos 9000 rpm, permiten que el alambre enrollado que sale del proceso anterior de trefilado, vuelva a estar recto para luego ser cortado. Estas mordazas deben ser calibradas según el diámetro del electrodo que se esté fabricando.

Adicionalmente al enderezado, el corte de la varilla también tiene una crucial importancia, pues de encontrarse la punta cortada con defectos, ésta se atorará al pasar por el posterior proceso de prensado, o lo que sería peor, provocaría daños en la guías de la prensa. El desgaste de la cuchilla es provocado por el corte constante del alambre, como ya se mencionó anteriormente, y será mayor si el líquido de la caja de kerex no es cambiado correctamente. Esta cuchilla es rectificada cada vez que se produzcan esfuerzos mayores a los especificados para la máquina; este proceso de rectificación se lo realiza entre **6 y 7 días de producción**. El desgaste de la cuchilla de corte provoca una pequeña desviación en sus extremos, produciendo una mayor excentricidad y desgaste en el casquillo de corte de la máquina cortadora. Esto se lo puede observar en las varillas cortadas; si la cuchilla ya no puede ser rectificada, deberá ser cambiada por una nueva.

6.2.3. Mezclado seco / húmedo

En el proceso de mezclado seco, existe un error de apreciación en el pesado de los polvos al momento de mezclarlos, debido a que la balanza es análoga.

Esto provoca que su precisión se vuelva no objetiva, pues depende de la experiencia del operador, y si no se mide con exactitud el peso requerido, no se pueden optimizar los recursos. Así se disminuye la productividad de la planta, y existe un aumento en el consumo de las materias primas, en este caso los polvos.

Según las normas de fabricación de la AWS, y la calidad de producción establecida por las normas internas de la planta, la fórmula de la mezcla (revestimiento del electrodo) debe ser cumplida en un 100 por ciento (con un +/- 1% de error), de forma que la calidad de la mezcla sea lo más alta posible, y no genere desviaciones en el uso del electrodo en el momento de soldar. (Ver foto en *Excentricidad*)

En la etapa de mezclado húmedo ocurre un fallo similar, al momento de depositar la mezcla seca de los polvos, a fin de agregarle los silicatos previstos en la formulación, y el agua necesaria para aglutinar la mezcla; ésto se produce debido a que la apertura y cierre de las válvulas de alimentación, se lo hace manualmente, dependiendo de la cantidad requerida, según el electrodo a fabricar.

6.2.4. Extrusión

Al igual que las otras máquinas, la prensa también presenta problemas con la calibración inicial, generando así una mala extrusión de las primeras varillas. Actualmente esta calibración se mantiene en un mejor nivel que las otras

máquinas, debido exclusivamente al alto grado de experiencia de los operadores.

La prensa utiliza datos de revestimiento que proporcionan el espesor final del electrodo (alambre más revestimiento), por lo cual es muy importante que se mantengan uniformes. El dado de revestimiento suele presentar desgastes irregulares, generando que el electrodo no tome una forma circular, sino una forma ovalada. Esto perjudica al soldador, ya que el arco no se forma concéntricamente, y al no hacerlo, suele desviarse hacia uno de sus lados, provocando una falla en la aplicación. Estos datos son cambiados **cada 2 o tres días de producción.**

La velocidad de esta máquina va desde 800 a 1200 varillas por minuto; este parámetro es muy importante para la obtención de revestimientos uniformemente formados en el electrodo, pero no se puede mantener una velocidad alta debido a que se pueden formar porosidades o pequeñas grietas a lo largo del revestimiento. Con la formación de estas grietas o porosidades, al momento de soldar se genera inestabilidad en el arco. De esta forma el material depositado no es uniforme en su aplicación, es decir, se obtiene una soldadura que no cumpliría con las normas de calidad de la AWS.

6.3. DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

El principal parámetro de calidad que se necesita controlar dentro de la planta, es la excentricidad. Este es, por lo tanto, el parámetro en el que se ha enfocado

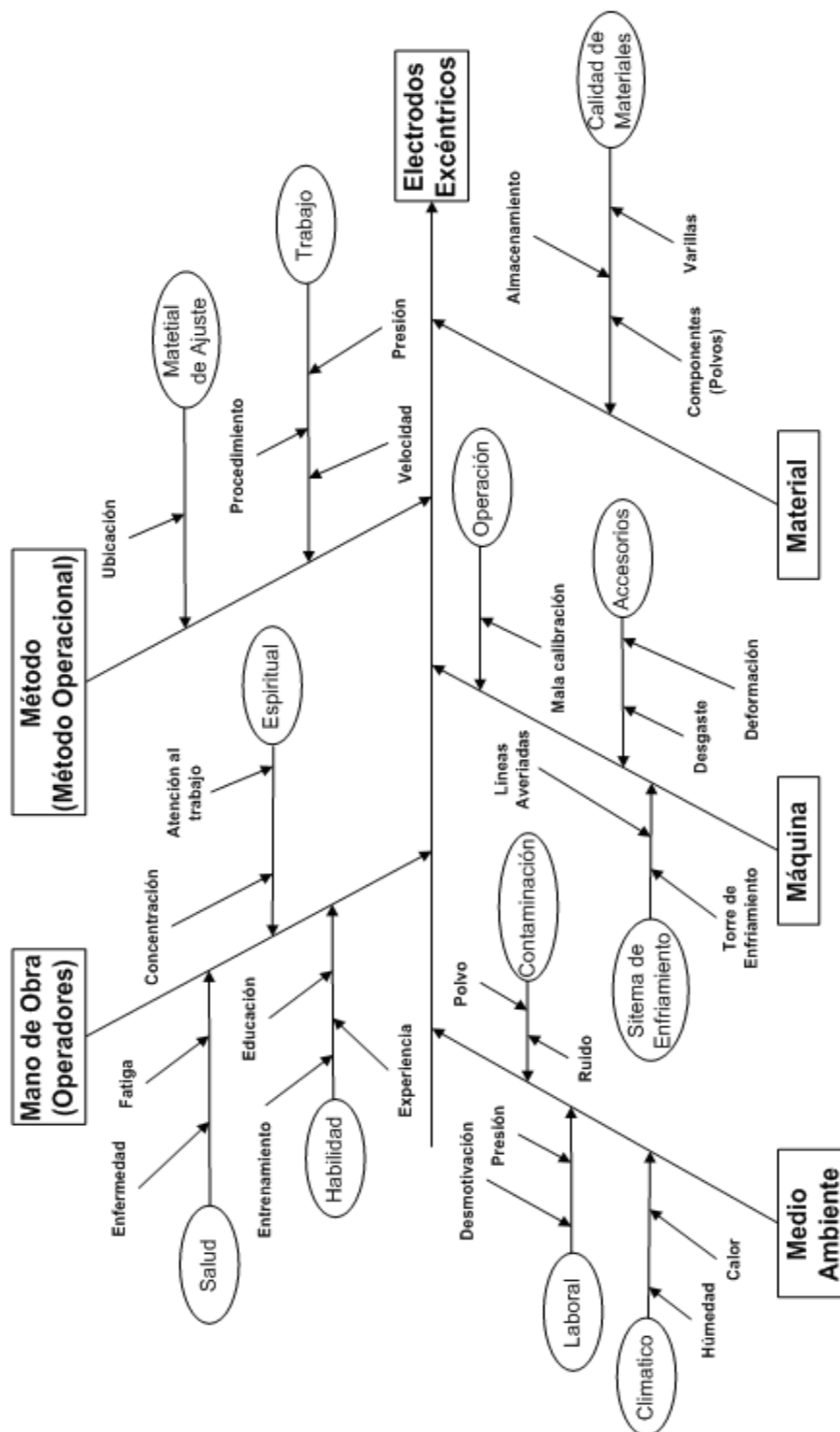
el estudio, para aumentar la productividad del proceso. Como se ha mencionado, al obtener menor porcentaje de excentricidad, se generan menos desperdicios en varillas recuperadas y en revestimientos desperdiciados, y la calidad del producto queda garantizada.

Con el uso de la herramienta de análisis de problemas de “Espina de Pescado”, se realizó una investigación de la problemática de mantener la excentricidad en los niveles más bajos posibles.

En la página siguiente se muestra un diagrama de Causa-Efecto de los electrodos excéntricos, el cual presenta distintas variedades de causas que serán analizadas para disminuir la excentricidad en los electrodos.

6.3.1. Diagrama Causa – Efecto de electrodos excéntricos

La excentricidad es el defecto que ocurre con más frecuencia dentro del proceso de producción de electrodos, por lo cual los análisis fueron realizadas con respecto a este defecto.



Mano de Obra:

En todo proceso existe un error conocido como error humano, en el que interviene el estado emocional del obrero, distrayendo su concentración fuera del trabajo que está realizando. Si el obrero está enfermo, se cansará más rápido de lo normal, impidiéndole realizar su trabajo adecuadamente.

Otro factor que también influye en el proceso, es la habilidad del operario; se observó que operarios de otras máquinas tenían que dejar su puesto para realizar mantenimiento a una máquina en la que el operario era nuevo, y no lo podía hacer adecuadamente (falta de experiencia); de igual forma, el operario que remplazaba al que se encontraba realizando el mantenimiento en ese momento, no podía alcanzar la velocidad óptima de la máquina, ya que no sabía manejarla correctamente.

Método Operacional:

Gracias a lo estudiado en distintas materias, se ha observado que las herramientas y los repuestos de las máquinas deben siempre estar a la mano, para que no se generen tiempos muertos innecesarios en el momento de realizar mantenimiento a una de las máquinas.

Adicionalmente, para obtener mayor productividad, las máquinas deben ser manejadas de forma óptima, a las velocidades y presiones correctas, siguiendo siempre el mismo procedimiento de trabajo.

Medio Ambiente:

En la planta de electrodos, al estar ubicada en una ciudad costera, el aspecto climático es influyente en el proceso. La humedad en el ambiente ocasiona que las máquinas se oxiden con mayor rapidez y frecuencia, generando una limpieza abundante en las mismas; de igual forma, el calor también afecta al factor humano, agitándolo y haciendo la jornada de trabajo un poco pesada, a diferencia de las ciudades de la sierra. Por este motivo la planta siempre se ventila al ambiente y no se mantienen las máquinas en lugares cerrados. En época de invierno, cuando hay humedad y calor, se produce en el ambiente más concentración de CO₂, el cual reacciona con la masa que tiene silicato, originando que se produzca excentricidad.

Otro aspecto que afecta al factor humano, es la desmotivación del personal y la presión que ejercen los jefes a los empleados. En este caso la relación de los obreros con los jefes no es rígida ni desmotivada; por el contrario, mantienen una buena relación por lo que los obreros realizan un trabajo excelente con respecto a sus labores.

La contaminación es un factor que afecta mucho al proceso, y por ende al factor humano. Como se estudió en ingeniería ambiental, la contaminación por ruido provoca desconcentración en los obreros, generando enfermedades profesionales a largo plazo. Esto se evita o disminuye, proporcionando a los empleados equipos de protección adecuados, y obligando el uso de los mismos. De igual forma que el ruido, el polvo generado en el proceso no es abundante; la mayor cantidad de contaminación por polvos en el proceso se da en la etapa de mezclado seco, donde se maneja directamente todos los polvos participantes en el proceso; por este motivo se le debe entregar mascarillas al operador de la mezcladora, para que no sea causante de ningún tipo de daño a la salud.

Máquina:

Como se ha mencionado con anterioridad, en este análisis podemos observar que en todo el proceso de producción, la mala calibración de las máquinas es muy importante, y es un factor que no hay que descuidar ya que afecta directamente a la excentricidad del producto.

El enfriamiento de las máquinas es muy importante en el proceso de producción; por lo que se debe tener mucho cuidado con el calentamiento de las mismas, generado por la fricción que provoca el alambre al pasar por los distintos dados durante el proceso; manteniendo siempre un control sobre las líneas que enfriamiento, la

torre de enfriamiento debe estar siempre en buen estado para que no exista ningún tipo de problema, principalmente con el desgaste irregular de los dados.

Los repuestos principalmente utilizados son los dados de revestimiento y varilla, ya que su cambio es muy frecuente, y por ello se ha propuesto una teoría basada en el JIT (Just in Time): el “*SMED*” (sus siglas en inglés significan Single Minute Exchange of Die) o cambio de herramientas en pocos minutos. Lo que se busca con este concepto es definir y diferenciar cuáles son actividades externas y cuales internas. Las actividades externas son todas aquellas que se pueden realizar sin necesidad de parar la máquina en la cual se va cambiar algún tipo de repuesto o realizar alguna modificación; en cambio, las actividades internas son aquellas que requieren que la máquina este parada, por ejemplo, el cambio de los dados o el ingreso de un nuevo lote de masa en la extrusora. Lo que quiere decir que los repuestos, herramientas y demás que se requiere para poner a punto una máquina, deben estar presentes antes de la parada de la misma, y así prepararla para continuar con la producción en un tiempo menor a 10 minutos.

Según el creador de la teoría SMED, Shigeo Shingo, la secuencia de operaciones a seguir para la puesta a punto (p.a.p.) de una máquina debe ser de la siguiente manera:

- 1- Preparación, ajustes post proceso y verificación de materiales, herramientas, calibración, etc. En este paso, se debe tomar el 30% del tiempo total de la p.a.p.
- 2- Montar y desmontar elementos de la máquina. Se debe tomar el 5% del tiempo total de la p.a.p.
- 3- Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones. Se debe tomar el 15% del tiempo total de la p.a.p.
- 4- Producción de piezas de ensayo y ajustes. Se debe tomar el 50% restante del tiempo total de la p.a.p.

Como podemos observar en los 4 pasos anteriores, sólo el 20% del tiempo total de la p.a.p., la máquina estuvo parada (paso 1 y 2), el resto del tiempo la máquina todavía no había sido parada (paso 1), para luego funcionar nuevamente (paso 4).

Material:

Un parámetro manejado dentro de la planta, es la calidad de los materiales (materia prima). Como se lo mencionó en otro capítulo, se realizan análisis de calidad para saber si la materia prima es o no de buena calidad, exceptuando los materiales que vienen directamente de la licenciataria OERLIKON.

El almacenamiento de los materiales es muy importante para la conservación de su buena calidad; para ello se tiene bodegas de materia prima en las cuales se almacena el producto de forma adecuada.

6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (MUESTREO)

Para saber con exactitud el porcentaje de electrodos rechazados en la fabricación, a causa de la excentricidad que se obtenía en el proceso de la elaboración de los mismos, se realizó un muestreo de la producción, para luego, con los análisis realizados, presentados a la empresa y con la implementación de las recomendaciones apropiadas, efectuar el mismo muestreo y hacer una comparación con el porcentaje que se obtiene actualmente, y conocer si se ha optimizado el proceso de producción o no.

El muestreo realizado es un muestreo aleatorio, en el que se recoge muestras al alzar de los electrodos que ya han sido horneados. Las muestras fueron tomadas de un mismo lote de horneado, con un tamaño de muestra de 600 unidades, como se mencionó antes, de un mismo lote de producción

Las muestras fueron tomadas de los distintos lotes de producción. El cuadro que se incluye a continuación, muestra la frecuencia que se obtuvo en las mediciones de excentricidad. Como podemos observar, la zona de aceptación de la empresa se encuentra desde 0 hasta 5/100 mm de excentricidad, siendo 5/100 mm la zona crítica.

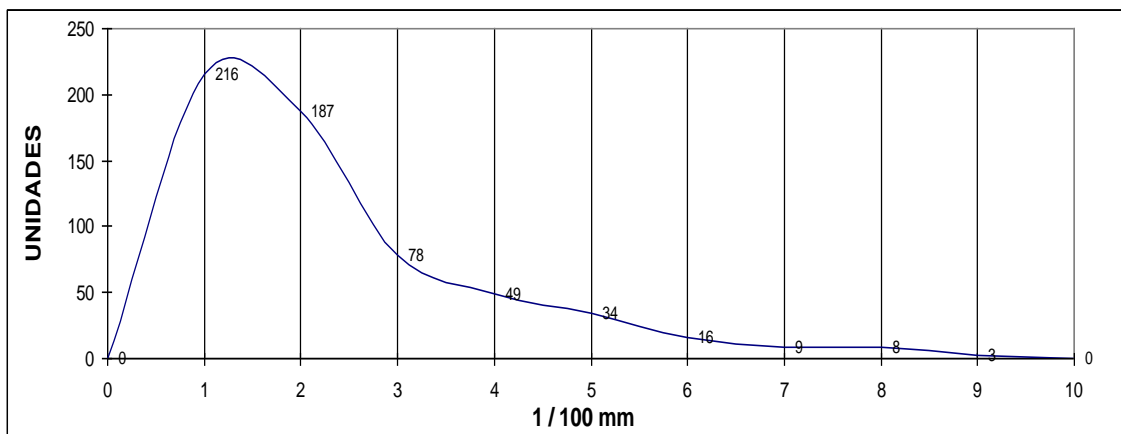
El porcentaje de rechazo que se obtuvo del primer muestreo de la planta de electrodos está mostrado a continuación:

TABLA No. 6.5.- Tabulación de los datos obtenidos del muestreo

Excentricidad máxima 1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0
	9	3
	8	8
	7	9
	6	16
ZONA CRITICA	5	34
ZONA DE ACEPTACION	4	49
	3	78
	2	187
	1	216
	0	0
TOTAL DE MUESTRAS	600	100%

El gráfico que se encuentra a continuación, es un polígono de frecuencias, que representa gráficamente los resultados mostrados en el cuadro anterior.

GRÁFICO No. 6.5.- Representación gráfica de los datos de la tabulación



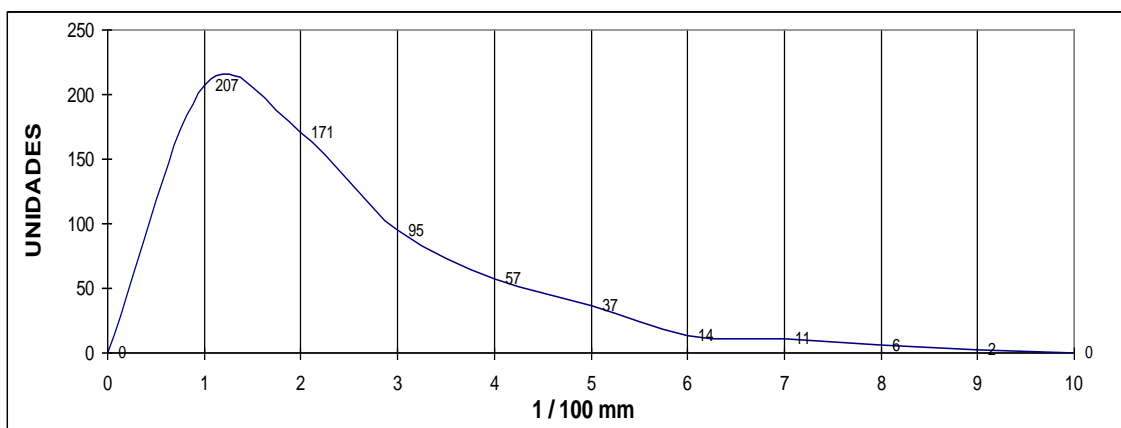
Como el cuadro lo muestra, la mayor cantidad de datos se encuentran dentro de la zona de aceptación; en este caso, estos datos representan el 94% de producto aceptado, rechazando un 6% de producto procesado. Este 6% indica que el producto se encuentra fuera de especificaciones.

El cuadro a continuación muestra un 94,5% de datos dentro de la zona de aceptación y un 5,5% en la zona de rechazo.

TABLA No. 6.6

Excentricidad máxima 1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0
	9	2
	8	6
	7	11
	6	14
ZONA CRITICA	5	37
ZONA DE ACEPTACION	4	58
	3	94
	2	171
	1	207
	0	0
TOTAL DE MUESTRAS	600	100%

GRÁFICO No. 6.6



En otros muestreos se obtuvieron resultados que podemos observar a continuación:

TABLA No. 6.7

Excentricidad máxima	1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0	5,8%
	9	2	
	8	7	
	7	10	
	6	16	
ZONA CRITICA	5	39	94,2%
ZONA DE ACEPTACION	4	56	
	3	85	
	2	177	
	1	208	
	0	0	
TOTAL DE MUESTRAS		600	100%

GRÁFICO No. 6.7

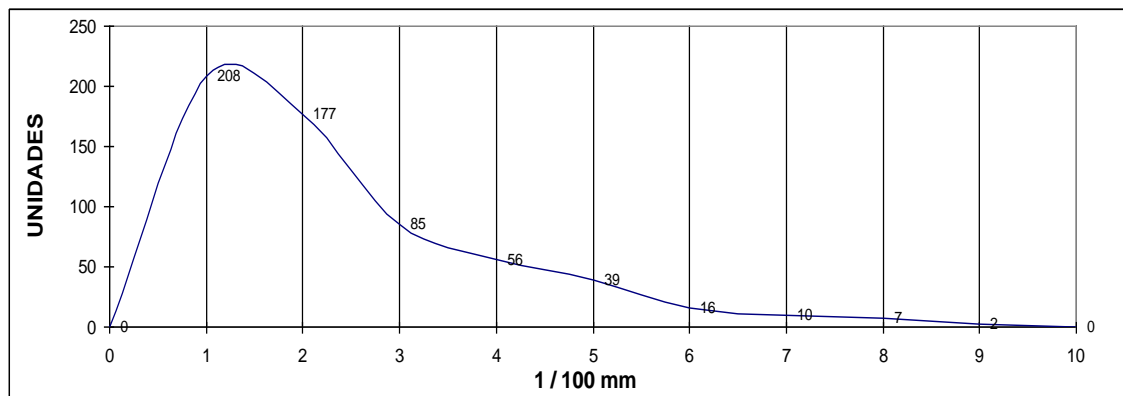


TABLA No. 6.8

Excentricidad máxima 1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%	
ZONA DE RECHAZO	10	1	5,0%
	9	1	
	8	2	
	7	7	
	6	19	
ZONA CRITICA	5	41	95,0%
ZONA DE ACEPTACION	4	52	
	3	80	
	2	183	
	1	214	
	0	0	
TOTAL DE MUESTRAS	600	100%	

GRÁFICO No. 6.8

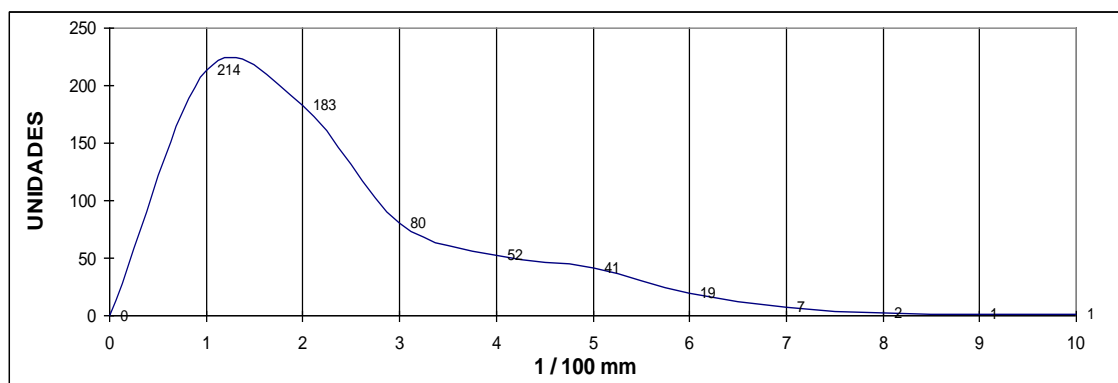
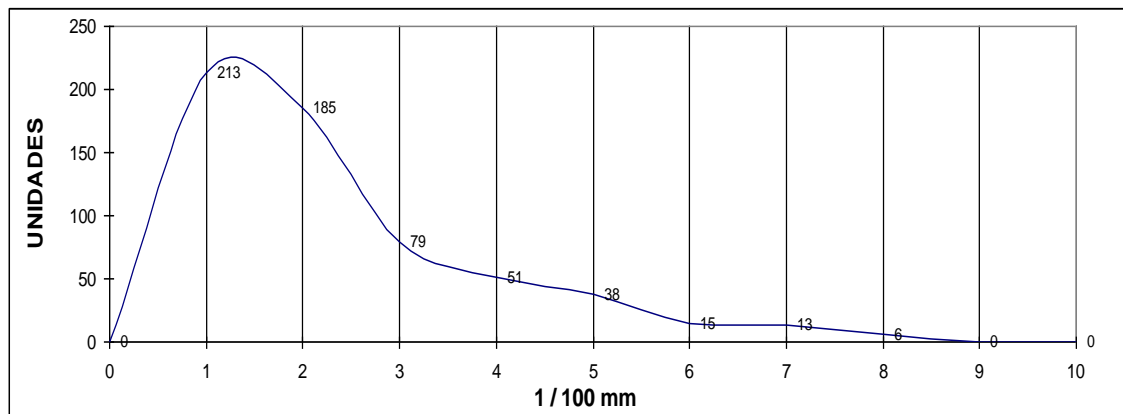


TABLA No. 6.9

Excentricidad máxima 1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%	
ZONA DE RECHAZO	10	0	5,5%
	9	0	
	8	6	
	7	13	
	6	15	
ZONA CRITICA	5	38	94,5%
ZONA DE ACEPTACION	4	51	
	3	79	
	2	185	
	1	213	
	0	0	
TOTAL DE MUESTRAS	600	100%	

GRÁFICO No. 6.9



Según los muestreos realizados y los resultados obtenidos en ellos, podemos decir que el porcentaje de producto rechazado (fuera de especificaciones) se encuentra entre 5 y 6%.

6.5. SITUACIÓN PROPUESTA

Según lo analizado en el tema anterior "Situación Actual", se han desarrollado ciertas ideas y análisis que fueron propuestos al jefe de planta de la planta de electrodos de AGA S.A.

6.5.1. Trefilación

Como se mencionó anteriormente, la velocidad es un factor que interviene en la productividad del proceso. La velocidad utilizada es uniforme en cada etapa de trefilación; ésta podría ser modificada hasta un mayor valor, pero la fricción en los dados de trefilar también aumentaría, y por ende, el desgaste también sería mayor. Al producirse una mayor fricción en los dados de la trefiladora, se genera una variación en el amperaje, aumentándolo de forma significativa. Con

el incremento del amperaje, se incrementa también la temperatura, poniendo en riesgo la utilidad de la máquina.

El desgaste producido por el alambón sobre los dados de trefilación no es uniforme, por lo que deben ser cambiados aproximadamente cada tres días. Con los resultados obtenidos, los dados no se desgastan más allá de lo establecido acorde a las normas de la AWS, dentro de las primeras 32 horas de trefilación. Después de estas 32 horas, su durabilidad es incierta y la probabilidad de falla se incrementa, por lo que se recomienda que **los dados de trefilación sean cambiados después de este periodo de uso**. Este cambio se realiza en el primer receso de producción, al final del turno; así se acortan los tiempos muertos que se producen en la trefiladora, debidos al cambio imprevisto de los dados. **Estos deben ser cambiados inmediatamente se registre una medida de diámetro en el alambón por fuera de las especificaciones recomendadas por la norma**. Así se consigue un aumento en el tiempo de operación de la maquinaria, pues la misma estaría operativa todo el tiempo programado para producción, y un ahorro en todo el material que debe ser desechado por encontrarse fuera de especificaciones.

Debido a que la medición del alambón es manual, existe un error de apreciación, por lo cual la medición mencionada es imprecisa; por este motivo se sugiere **la automatización de la medición con la instalación de un medidor en línea**, para comprobar que el diámetro y la ovalidad en cada uno

de los monobloques de la máquina trefiladora esté dentro de las especificaciones de cada tipo de electrodo.

De igual forma que con los datos de trefilación, se determinó que el Kerex utilizado en la caja de limpieza es cambiado al determinarse que el alambón no está quedando con la limpieza necesaria. Esta determinación de la limpieza sólo depende de la experiencia del operador, por lo que se convierte en una decisión que no es objetiva sino por el contrario es apreciativa. Como una solución al problema, se ha planteado **establecer un cambio del líquido de la caja de Kerex después de 24 horas de utilización del mismo**, pues durante este lapso el alambón siempre queda lo suficientemente limpio para su uso, pero después del mismo su probabilidad de falla se incrementa rápidamente con la variable tiempo. De esta manera también se asegura que el producto obtenido no dependa de una variable apreciativa. El ahorro obtenido en este proceso no sólo sería el material que se desperdicia, sino también la garantía del tiempo de utilización de los rodillos de corte, puesto que éstos representan el cuello de botella de la producción. Mientras mayor sea el tiempo de utilización de las máquinas de corte, mayor puede ser el volumen producido por la planta en su conjunto.

6.5.2. Corte

Como sabemos por lo estudiado en uno de los capítulos de administración de la producción, la calibración de una máquina genera tiempos muertos no deseados dentro del proceso, pero que sin embargo son inevitables. El sistema

utilizado para la calibración de las máquinas de corte es llamado de “Prueba y Error”, con lo que, por la experiencia de trabajo de la planta, es el que menor tiempo les lleva en la calibración. Este sistema consiste en un primer ajuste a la máquina. Se prueba el corte; si no se obtiene la medida deseada, se procede a una nueva calibración, llegando así a la medida deseada.

De igual forma que los dados de trefilar, **la cuchilla de corte debería ser cambiada o rectificada, según sea el caso, cada 5 días de producción,** para así evitar la excentricidad en el electrodo, evitar la recuperación de varillas con desviaciones en sus extremos, y evitar el desgaste del casquillo de corte. El desgaste de la base mencionada implica una mayor excentricidad, pues si la base presenta una desviación permanente al momento del corte, ya que la varilla reposa sobre esta desviación, se produce la excentricidad en el electrodo.

6.5.3. Mezclado seco / húmedo

Como se mencionó en el tema anterior, existe un error de apreciación en el pesado de los polvos en el momento de mezclarlos, debido a la balanza que se utiliza para la función mencionada. Para evitar este inconveniente de apreciación, se sugiere **instalar un dispositivo digital, el mismo que daría con exactitud el peso o la cantidad que se está agregando a la mezcla.** Se evita así este error que es muy común en las plantas de producción, al tomar, por ejemplo, datos de medidores de peso que no son fácilmente visibles para

cualquier trabajador dentro de la empresa, y adicionalmente, entregando un electrodo de mejor calidad.

En la etapa de mezclado húmedo, se propone a la planta **instalar un sistema de válvulas solenoide para que electrónicamente se controle la alimentación tanto del silicato como del agua** y que los mismos sean pesados antes de incorporarlos en la mezcla. Esto permitirá tener un volumen preparado de alimentación, el cual puede ser corregido en el exterior antes de su alimentación en la mezcladora. Con esto no se permitirá un exceso o faltante de silicato y/o agua a la mezcla de los polvos, optimizando los recursos, aumentando la productividad, y generando menor gasto en el consumo de materia prima. Así mismo, se propone **automatizar el tiempo de mezclado en seco y en húmedo de la mezcla** logrado la uniformidad de los tiempos en cada uno de las cargas que se producen.

6.5.4. Extrusión

Después del análisis estadístico de las muestras tomadas, se determinó que la mejor opción para evitar las paradas intempestivas, es que **los datos de revestimiento anteriormente mencionados deban ser cambiados cada día**, con el objeto de que la calidad del producto final, en este caso el electrodo, sea elevada. Con esto se reduce el porcentaje de varillas que deben ser recuperadas a causa de una mala extrusión, aumentando la eficiencia y principalmente la productividad del proceso.

6.5.5. Sugerencias propuestas

Al jefe de producción de la planta de electrodos, luego de los análisis realizados, se sugiere que:

- Los datos de trefilación sean cambiados después de 32 horas de uso, Estos deben ser cambiados inmediatamente se registre una medida de diámetro en el alambón por fuera de las especificaciones recomendadas por la norma.
- La automatización de la medición del alambón, con la instalación de un medidor en línea.
- Establecer un cambio del líquido de la caja de Kerex después de 24 horas de utilización del mismo.
- La cuchilla de corte debería ser cambiada o rectificada, según sea el caso, cada 5 días de producción.
- Instalar un dispositivo digital en el pesaje de la mezcla, el mismo que daría con exactitud el peso o la cantidad que se está agregando a la mezcla*.
- Instalar en la mezcladora, un sistema de válvulas solenoide para que electrónicamente se controle la alimentación tanto del silicato como del agua*.
- Automatizar el tiempo de mezclado en seco y en húmedo de la mezcla*.
- Los datos de revestimiento en la etapa de extrusión, deben ser cambiados cada día.

* Muestra las sugerencias que por parte del jefe de planta fueron las que más influyeron en la obtención de los resultados mostrados.

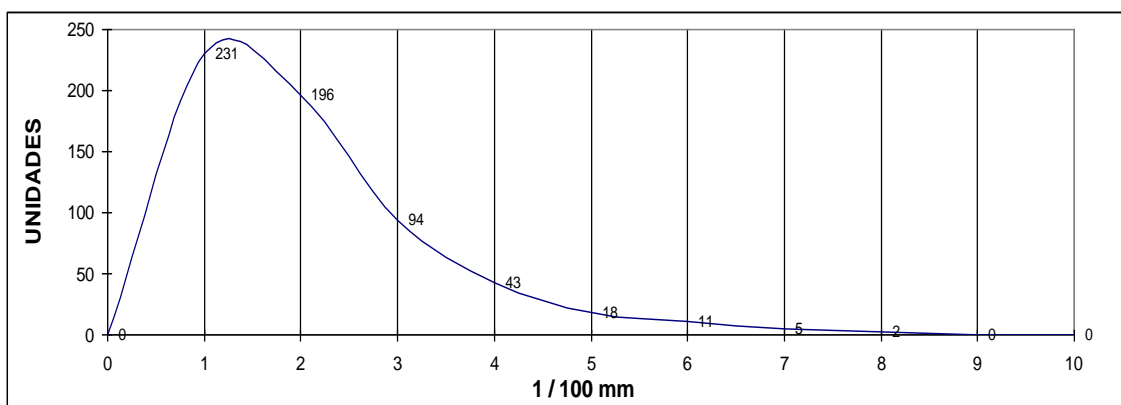
6.6. APLICACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES Y RESULTADOS

A continuación podemos observar el muestreo realizado luego de ser aceptados algunos cambios y análisis antes mencionados. Como se aprecia en el cuadro, en la zona de aceptación, el porcentaje ha aumentado en un 3%, lo que implica que un 97% de la producción se encuentra en la zona de aceptación.

TABLA No. 6.10

Excentricidad máxima 1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0
	9	0
	8	2
	7	5
	6	11
ZONA CRITICA	5	18
ZONA DE ACEPTACION	4	43
	3	94
	2	196
	1	231
	0	0
TOTAL DE MUESTRAS	600	100%

GRÁFICO No. 6.10

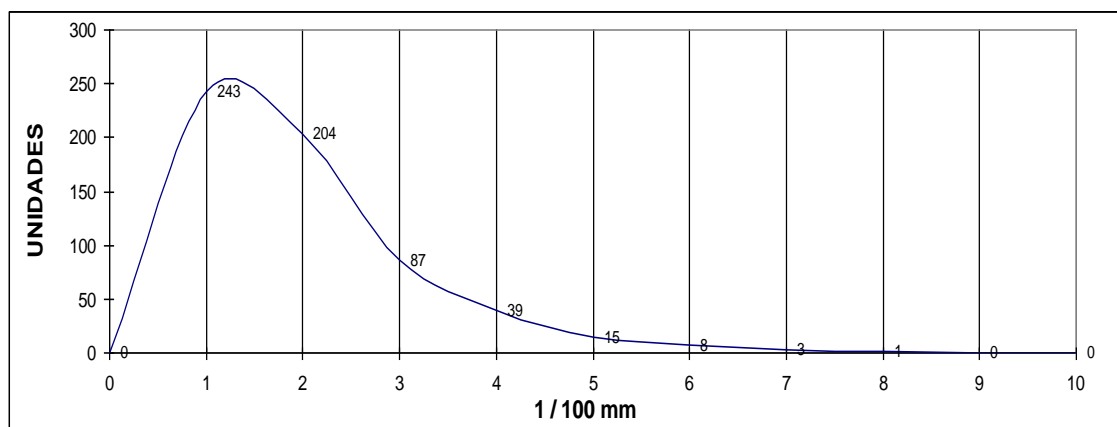


El siguiente análisis realizado en un distinto lote muestra que el porcentaje de rechazo ha disminuido en 1%, por lo cual podemos demostrar que los estudios realizados sobre la planta de electrodos y la aplicación de las sugerencias arrojan resultados positivos y satisfactorios para la planta.

TABLA No. 6.11

Excentricidad máxima	1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0	2,0%
	9	0	
	8	1	
	7	3	
	6	8	
ZONA CRITICA	5	15	98,0%
ZONA DE ACEPTACION	4	39	
	3	87	
	2	204	
	1	243	
	0	0	
TOTAL DE MUESTRAS		600	100%

GRÁFICO No. 6.11



En la página siguiente podemos observar otros análisis de muestreo con los resultados respectivos:

TABLA No. 6.12

Excentricidad máxima	1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0	2,7%
	9	0	
	8	0	
	7	7	
	6	9	
ZONA CRITICA	5	23	97,3%
ZONA DE ACEPTACION	4	44	
	3	76	
	2	201	
	1	240	
	0	0	
TOTAL DE MUESTRAS		600	100%

GRÁFICO No. 6.12

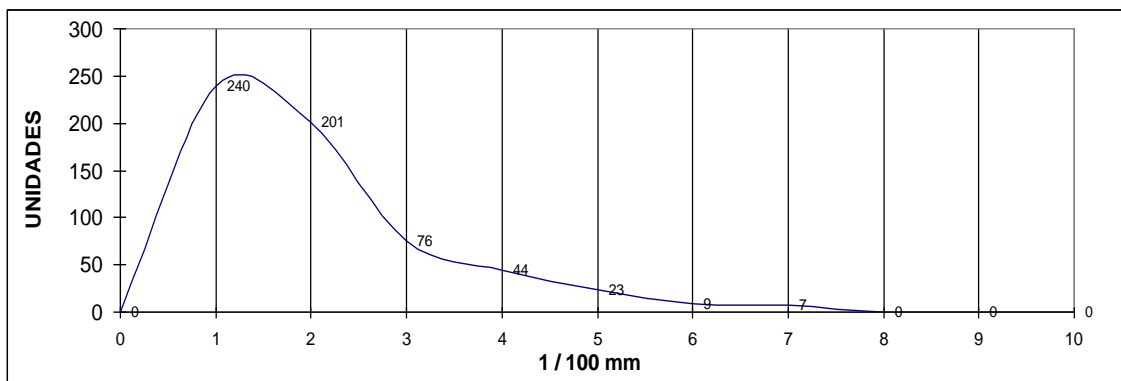


TABLA No. 6.13

Excentricidad máxima	1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0	2,5%
	9	0	
	8	0	
	7	3	
	6	12	
ZONA CRITICA	5	23	97,5%
ZONA DE ACEPTACION	4	46	
	3	74	
	2	203	
	1	239	
	0	0	
TOTAL DE MUESTRAS		600	100%

GRÁFICO No. 6.13

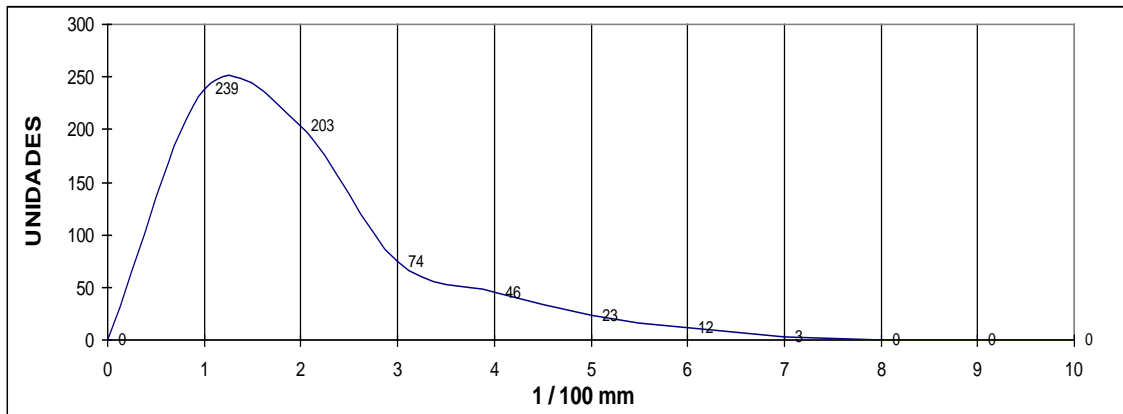
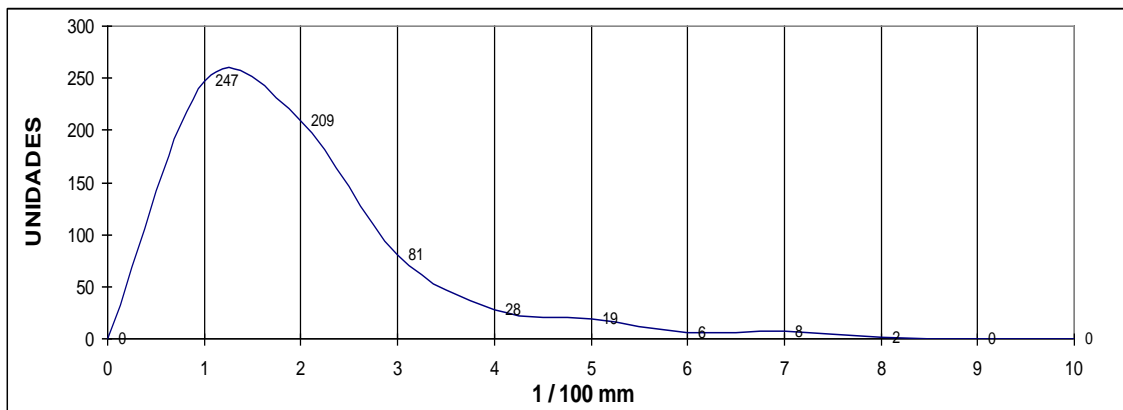


TABLA No. 6.14

Excentricidad máxima 1/100 mm	MUESTRAS INSPECCIONADAS	%
ZONA DE RECHAZO	10	0
	9	0
	8	2
	7	8
	6	6
ZONA CRITICA	5	19
ZONA DE ACEPTACION	4	28
	3	81
	2	209
	1	247
	0	0
TOTAL DE MUESTRAS	600	100%

GRÁFICO No. 6.14



Según los resultados obtenidos en este último muestreo, y una vez realizados los cambios antes mencionado, el proceso de producción ha presentado una mejoría en el porcentaje de producto rechazado, reduciéndolo entre un 2 y 3%; concluyendo satisfactoriamente el presente análisis de muestreo.

CAPÍTULO 7.- CONTROL DE CALIDAD

Se da especial importancia al control de calidad en la planta de electrodos de AGA S.A., con el objetivo de asegurar los estándares requeridos en los electrodos revestidos, en materia prima, producción, y ensayo final. Así, vemos que a lo largo del proceso se va examinando el cumplimiento de las normas y parámetros de fabricación.

7.1. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

7.1.1. Laboratorista

Es responsable de analizar que la materia prima y el producto final cumplan con las especificaciones.

7.1.2. Supervisor de Planta

Es responsable del monitoreo continuo del proceso. Toma acción para corregir la causa de la anomalía que se presente en la producción de electrodos, y asegura el cumplimiento de las especificaciones de calidad del producto.

7.1.3. Operadores de Planta

Son responsables de producir según los requerimientos cualitativos contra especificaciones normalizadas. Toman acción para corregir la causa de las anomalías detectadas, y están autorizados a ejecutar las medidas correctivas necesarias para asegurar el cumplimiento de las especificaciones de calidad

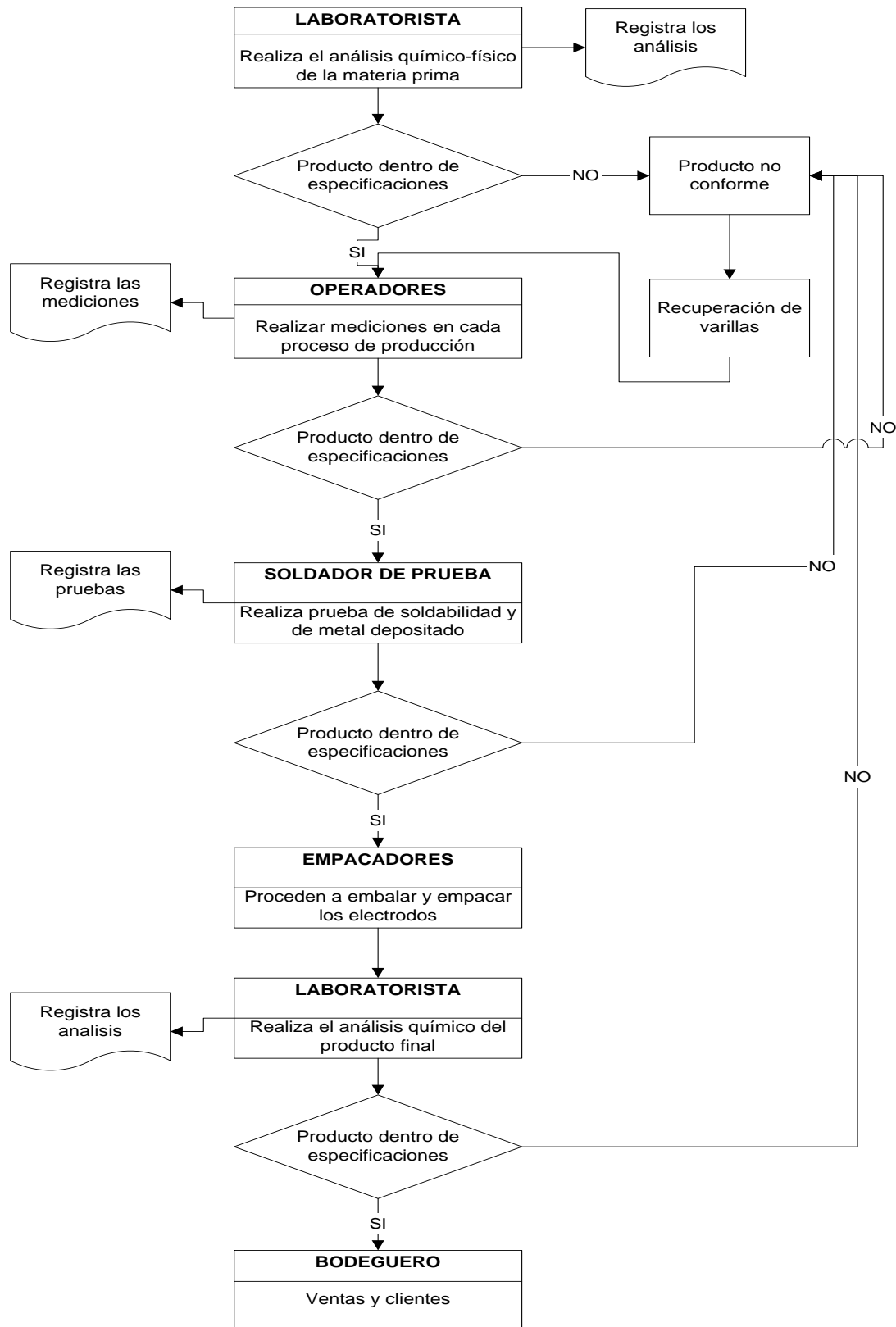
del producto. También realizan la medición y registro de las lecturas de control en los Reportes de Proceso.

7.1.4. Soldador de Prueba

Es responsable por la prueba de soldabilidad y pruebas finales; debe llenar el Reporte de Producto Terminado. Tiene autoridad para interrumpir el proceso de empaque si ocurriera una no-conformidad, y tiene que informar inmediatamente al Supervisor /Jefe de planta para iniciar las correcciones correspondientes.

7.1.5. Esquema del Proceso de control de calidad

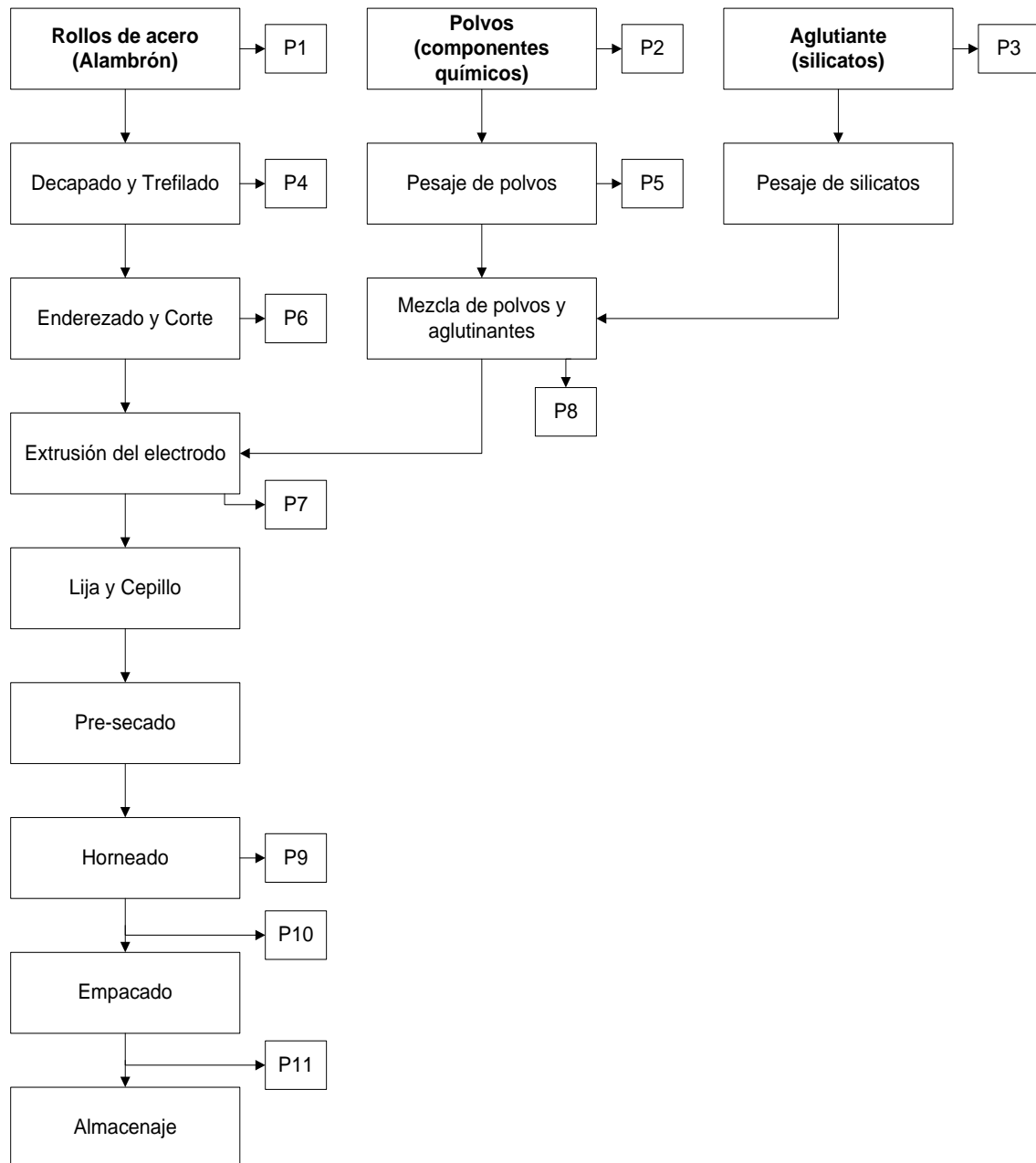
DIAGRAMA No. 7.1.- Flujoograma del proceso de control de calidad



7.2. PROCESO DE MONITOREO Y MEDICIÓN DE ELECTRODOS

7.2.1. Diagrama de flujo

DIAGRAMA No. 7.2.- Flujograma de monitoreo y medición de electrodos



P: Punto de Control

7.2.2. Monitoreo y medición

La producción de electrodos es continuamente monitoreada, de modo que los productos entregados en los diferentes procesos logren los requerimientos especificados.

Para la producción, si el producto en cada proceso se encuentra fuera de las especificaciones establecidas en los estándares de calidad, el operador procederá a detener la producción en su unidad, y el producto se lo identificará como “producto no conforme” y se seguirá lo indicado en el procedimiento para “Control de producto no conforme” (EC-PRO-0020).

En la producción de electrodos se analiza permanentemente la calidad del producto en los puntos indicados en el diagrama No. 7.2.1.2.

Durante el proceso se realiza distintas operaciones de monitoreo, las cuales están descritas a continuación:

- Análisis de químicos de la materia prima
- Pruebas de Humedad de la materia prima (fluxes)
- Análisis granulométricos de la materia prima (fluxes)
- Prueba de GV (grado de vaporización) de la materia prima (fluxes)
- Análisis de viscosidad y densidad de la materia prima (silicatos)
- Medición de diámetros en alambre trefilado
- Medición de ovalidad en alambre trefilado

- Revisión de rectitud de alambre enderezado
- Medición de longitud de alambre cortado
- Revisión extremos de corte y estado superficial
- Medición de tiempos de mezclado
- Medición de excentricidad del electrodo
- Medición de diámetro de revestimiento en húmedo
- Medición de temperatura y tiempo de horneado
- Prueba de soldabilidad del electrodo
- Análisis químico de metal depositado

El análisis de muestreo que se realiza a la materia prima, ésta basada en una tabla llamada *MILITAR-ESTÁNDAR*, la cual indica el tipo de muestreo que se debe realizar y el tamaño de muestra que se debe tomar.

Si el análisis, prueba o medición del producto en cada proceso está dentro de la calidad estipulada, se procede a almacenar el producto para el siguiente proceso.

7.2.2.1. Monitoreo y Medición en las materias primas

El personal del laboratorio realiza los análisis de pureza de las materias primas, así como pruebas físicas de granulometría, humedad, GV, viscosidad y densidad, de acuerdo a lo indicado en el **Manual para Materias Primas**. Los resultados se registran en el reporte “Análisis Físico-Químico”

7.2.2.2. Monitoreo y Medición en el proceso

El operador realiza las mediciones según el plan de inspección (EC-INS-0047), y los registra en el formato de "Reportes de Proceso". Los registros utilizados se indican en el procedimiento de "Control de la Producción de electrodos (EC-PRO-0035)".

El soldador de prueba realiza diariamente la prueba de soldabilidad, para la liberación del producto y posterior empaque; los resultados los registra en el "Reporte de producto terminado" e informa, de ser necesario, al Supervisor de Planta de alguna anomalía.

7.2.2.3. Monitoreo y Medición del producto final

El soldador de prueba realiza pruebas finales (probeta de metal depositado) en cada lote de producción.

El Laboratorista analiza la calidad del producto terminado, realizando el análisis químico y de humedad y registra los resultados en el formato de "Reporte de Análisis Químico". De ser necesario informa al Jefe de Desarrollo y Control de alguna anomalía.

Si el producto no cumple con las especificaciones establecidas para cada ensayo, se identificará como "producto no conforme" y se seguirá lo indicado en el procedimiento "Control de producto no conforme" (EC-PRO-0020).

7.3. TRAZABILIDAD

7.3.1. Proceso de identificación y trazabilidad

7.3.1.1. Identificación del producto

Los electrodos producidos son identificados de la siguiente manera:

- Tipo de electrodo
- Diámetro del electrodo
- Número de empacador
- Número de identificación

El número de identificación consta de 7 dígitos que corresponden a los siguientes datos:

- Los cuatro primeros dígitos especifican el orden de producción
- Los siguientes dos dígitos, la secuencia del día de empaque de esa orden de producción
- El último dígito se refiere al número de horneada

7.3.1.2. Trazabilidad

Los productos son rastreados hacia atrás hasta las materias primas, a través de los siguientes registros:

- EC-PRO-0035 G: Reporte de Proceso Empaque
- EC-PRO-0039 C: Registro de análisis químico de producto terminado

- EC-PRO-0039 B: Registro de producto terminado (prueba de soldabilidad)
- EC-PRO-0038 A: Ticket de extrusión, horneado y empaque
- EC-PRO-0035 F: Reporte de Proceso horneado
- EC-PRO-0035 E: Reporte de Proceso Extrusión
- EC-PRO-0038 B: Ticket de pesaje y mezcla
- EC-PRO-0035 F Reporte de Proceso de mezcla
- EC-PRO-0035 C: Reporte de Proceso de pesaje
- EC-PRO-0038 C: Ticket de corte
- EC-PRO-0035 B: Reporte de Proceso de corte
- EC-PRO-0038 D: Ticket de trefilación
- EC-PRO-0035 A: Reporte de Proceso de trefilación
- EC-PRO-0039 A: Registro de análisis físicos - químicos de la materia prima

CAPÍTULO 8.- MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD E HIEGENE INDUSTRIAL

8.1. MANTENIMIENTO – PLANIFICACIÓN - CONTROL Y EVALUACIÓN

En AGA S.A., el jefe de planta tiene bajo su responsabilidad el programa de mantenimiento, que es elaborado de antemano, es decir, que estas actividades están debidamente planificadas bajo un programa de mantenimiento preventivo.

Para el caso de un mantenimiento de tipo correctivo, que conlleva una paralización de la planta e involucra a todas las personas que trabajan en ella, son contratados servicios técnicos especializados de compañías que brindan el servicio, ya que éstos son generalmente ocasionales. El servicio de limpieza de las instalaciones también es contratado con una empresa que se dedica a este tipo de trabajos.

8.1.1. Los recursos físicos y humanos

La empresa cuenta con un taller de mantenimiento que puede ser utilizado por las tres plantas que conforman la empresa. A este taller se le encarga la fabricación de partes y piezas de las diferentes maquinarias, para de esta manera ahorrar tiempo y dinero, al no hacerse necesario el importarlas del exterior.

En dicho taller se cuenta con la siguiente maquinaria y herramienta:

- 1 Torno de 100 mm entre puntas
- 1 Taladro fresador
- 1 Equipo de Oxicorte
- 1 Equipo de soldadura eléctrica
- 1 Esmeril
- 1 Equipo de llaves y herramientas varias

También se cuenta con un stock de los repuestos más utilizados, a fin de que la planta no se pare por este concepto.

La planta de electrodos dispone de personal de mantenimiento mecánico, quien es el responsable del cumplimiento del programa establecido.

Cuando el tipo de reparación implica parada de la planta, este equipo recibe también la ayuda de los operadores de las máquinas.

8.1.2. Los gastos y auditoria del mantenimiento

Bajo la responsabilidad del departamento de contabilidad está el costeo del mantenimiento, lo cual se realiza en base a la información que se le suministra mediante la utilización de formularios establecidos, como los siguientes:

Repuestos: es un formulario que señala el egreso de repuestos de bodega, con la autorización del jefe de planta, y que lo prepara el supervisor, señalando la lista de repuestos a utilizar, la cantidad de cada uno y su respectivo código.

Materiales: es un formulario de egreso de bodega, que señala los materiales que van a ser usados durante el mantenimiento; lo prepara el supervisor y lo aprueba el jefe de planta.

Cualquier otro gasto debe ser solicitado por el jefe de planta y aprobado por el gerente de producción, para lo cual se elabora una solicitud de compra.

8.1.3. Los formularios y flujograma

Como se menciona anteriormente, todo el trabajo de mantenimiento obedece a una programación ya establecida. Para el efecto, se emiten las respectivas Órdenes de Trabajo que registran la información de mano de obra y de materiales a utilizarse.

La programación contempla tareas que tienen que realizarse, tanto en la planta como en el taller, y la persona encargada de la ejecución de estas tareas es el supervisor de planta.

El proceso normal para realizar una reparación se tiene que cumplir de la siguiente manera:

- El jefe de planta emite la Orden de Trabajo o una solicitud de compra de materiales, según el caso.
- El supervisor retira los materiales a utilizarse de la bodega de repuestos; si no los hubiere en existencia, debe estar alerta, a fin de que la adquisición se la realice de manera inmediata y oportuna.
- La bodega despacha el material solicitado y emite una guía de salida contra la Orden de Trabajo, y se encarga de remitir a contabilidad copias tanto de la guía de salida como de la Orden de Trabajo.
- En el departamento de contabilidad se costean los materiales y éstos, a su vez, son cargados a la cuenta de mantenimiento de la planta de electrodos, ya que existe para cada una de las plantas una cuenta para el efecto.

8.1.4. El reemplazo de bienes

El jefe de planta de electrodos es el responsable de la existencia de repuestos para las maquinarias, que permita su funcionamiento por largos periodos de tiempo. Por este motivo debe vigilar el stock mínimo y máximo de los mismos, a fin de garantizar una adecuada provisión.

Para la compra de repuestos o herramientas se emiten órdenes de compra, que incluyen el código y la cantidad requerida. Las OC son autorizadas por el gerente de producción, y se sigue luego el trámite en el departamento de importaciones, o en el de compras locales, según sea la necesidad.

Para el caso de herramientas nuevas o de uso especial, la solicitud debe ir acompañada de un informe que detalle el motivo de la compra, y las conveniencias para su uso.

8.2. LA SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

En la empresa se concede mucha importancia a la prevención de accidentes, por lo que son aplicables y aplicados los reglamentos expedidos por el departamento de Riesgos del Trabajo del IESS, y además se hace uso de toda la experiencia acumulada por las otras plantas subsidiarias similares que existen en el mundo.

En la empresa se cuenta con un reglamento de seguridad e higiene industrial, expedido por el departamento técnico, en coordinación con las dependencias operativas de las plantas.

Con respecto a higiene industrial, en su planta de electrodos, AGA S.A. ha incorporado baterías de SSHH y vestidores, sólo para el personal que labora en esa planta. Se ha cumplido con el reglamento que el IESS ha expedido con respecto a la cantidad mínima de SSHH que deben existir, de acuerdo al número de trabajadores que tenga la planta.

También existe un comedor para que el personal, tanto de planta como de administración, se sirva sus alimentos a la hora del almuerzo.

La empresa cuenta con áreas para parqueo de vehículos, las mismas que se convierten en canchas deportivas los fines de semana. Esto contribuye al solaz y esparcimiento de los trabajadores y empleados que practican deportes.

8.2.1. El comité de seguridad

En AGA S.A. el comité de seguridad es un organismo de apoyo, al que le concierne conocer, estudiar y analizar los problemas relacionados con la prevención de accidentes y enfermedades profesionales, tomando acción para sugerir recomendaciones, a fin de que el departamento correspondiente tome las providencias del caso.

Sus Objetivos son:

- Vigilar porque la seguridad se incluya como condición indispensable en la programación y ejecución de todo trabajo que se realice en cualquiera de las plantas de AGA S.A.
- Los equipos e instalaciones de cada área de trabajo se ajusten a las normas de seguridad e higiene industrial, vigentes en la empresa.

Este comité está conformado por:

- La máxima autoridad técnica de la sucursal o su delegado, quien lo presidirá y será de carácter permanente.
- El jefe de planta de la sucursal, quien será el secretario con carácter de permanente.
- Un delegado de los departamentos que conforman la sucursal.

- Un delegado nombrado por los trabajadores, en base a la experiencia y conocimientos básicos de seguridad.

En cuanto a la duración en funciones, ésta es de un año, luego de lo cual se procede a designar nuevos representantes.

Entre las políticas del comité está el reunirse una vez al mes, pero sus miembros pueden ser convocados, cuando el caso lo amerite, por el presidente o a pedido expreso de uno de sus integrantes.

8.2.2. Registro e índice de accidentes

En AGA S.A. no se tiene un registro de accidentes personales, pues no ha ocurrido alguno que haya que lamentar; no obstante, sus trabajadores sí han sufrido percances menores, tales como golpes, caídas, etc., que son considerados leves y que no han necesitado registrarlos rigurosamente.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este trabajo de tesis, se ha conseguido los objetivos planteados. El trabajo de tesis se ha desarrollado de forma satisfactoria tanto para la empresa como para mi persona, demostrando que la estadística y el estudio minucioso de un proceso, sea cual fuere este, puede llegar a dar excelentes resultados para la empresa, y un beneficio para los clientes por un sostenimiento de la calidad.

Los resultados incluidos en el capítulo 6, muestran una disminución aproximada de un 50% de los desperdicios y del material que se recupera en el proceso, gracias a los análisis realizados y las recomendaciones efectuadas. Este 50% de disminución refleja una merma directa del gasto generado por el proceso para la empresa. Gracias a la información proporcionada por el jefe de planta, se conoce que el gasto incurrido es alrededor de 5 centavos de dólar por cada kilo de material recuperado, lo cual produjo gran satisfacción para la parte económica, puesto que el porcentaje mencionado muestra un ahorro del 50% diario en gastos de recuperación de material. En un pequeño resumen, los desperdicios representan un aproximado de 2.60% de todo el material perdido o recuperado en el proceso, por consecuencia se ha obtenido una disminución al 1.30% aproximadamente.

Gracias al trabajo de tesis, he podido aplicar los conocimientos adquiridos en la Universidad de las Américas y he podido hacerlo efectivo en el presente trabajo.

NOTA: Toda la información incluida en el presente trabajo fue recopilada y otorgada por la planta de electrodos en la cual se realizó el análisis estadístico y la aplicación de las recomendaciones sugeridas por dicho análisis.
(Anexo # 9)

RECOMENDACIONES

En base a los resultados positivos obtenidos con la aplicación de las recomendaciones generadas en el presente trabajo, se sugiere que la planta de electrodos continúe con los análisis del proceso y con los estudios de muestreo correspondientes, para garantizar un control permanente del proceso, y una mejora continua en el mismo.

Me permito recomendar también que la universidad y en especial los directivos de la facultad de ingeniería, pongan mayor énfasis en las visitas industriales, para que los estudiantes de la facultad puedan ampliar los conocimientos que sean de su interés.

BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS:

- GALINDO, Edwin. “ESTADÍSTICA para la Administración y la Ingeniería” Pro.Ciencia Editores. Edición Abril 1999 Quito, Ecuador.
- KUBY, Patricia; ROBERT, Jonson. “Estadística Elemental, Lo esencial” Thomson Editores. Edición en España 1999.
- LEVIN, Richard. “Estadística para Administradores” Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Impreso en Mexico. Edición 1988.

MANUALES:

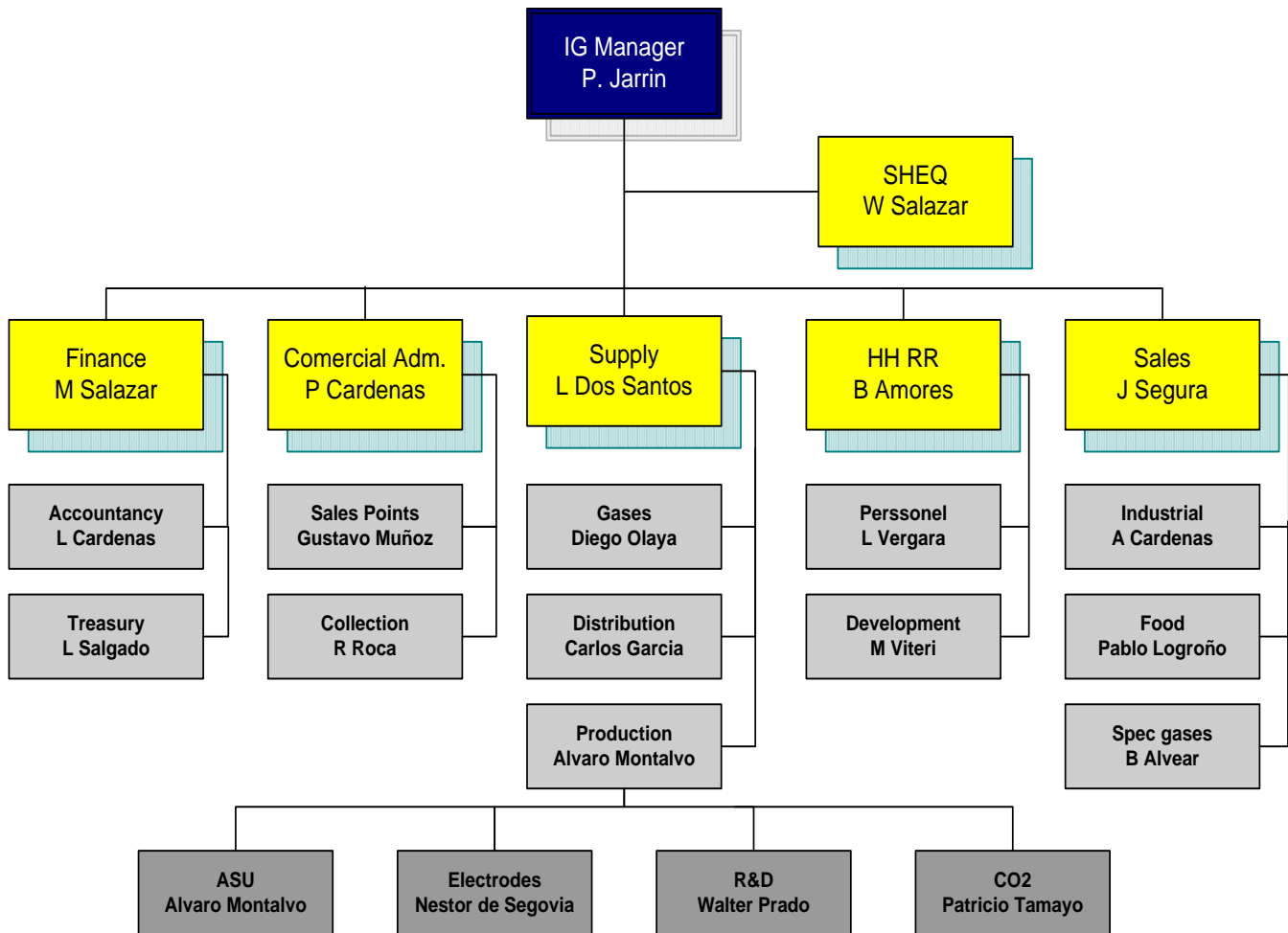
- MANUAL DE DIPLOMADO DE SOLDADURA ESPO
- MANUAL DE OERLIKON
- MANUAL DE AGA DE PROCESO DE SOLDADURA
- MANUAL DE AGA DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN

INTERNET EXPLORER:

- <http://www.drweld.com/smaw.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Excentricidad>
- <http://enciclopedia.us.es/index.php/Excentricidad>

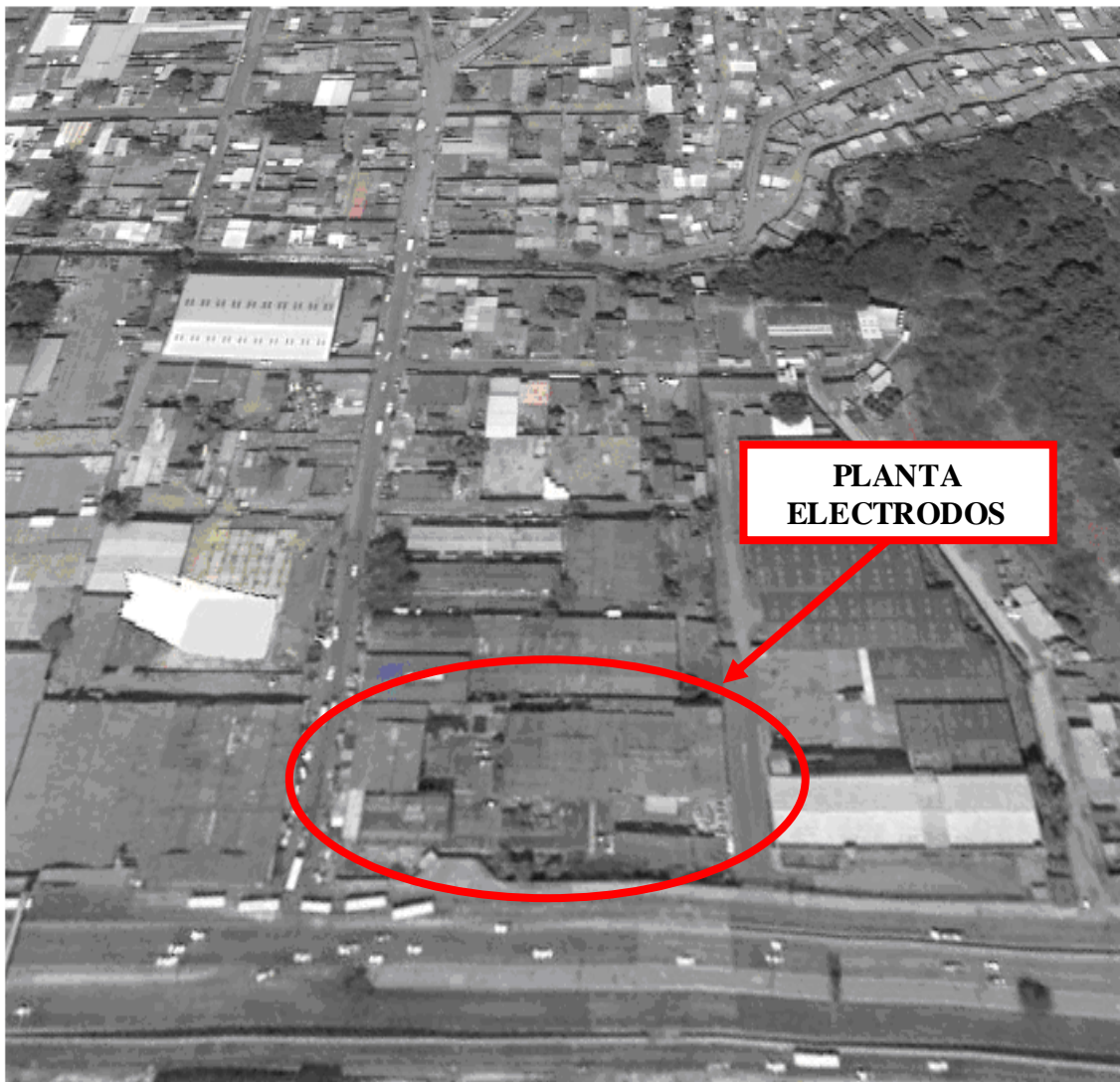
ANEXOS

ANEXO # 1.- Organigrama de la empresa AGA S.A.

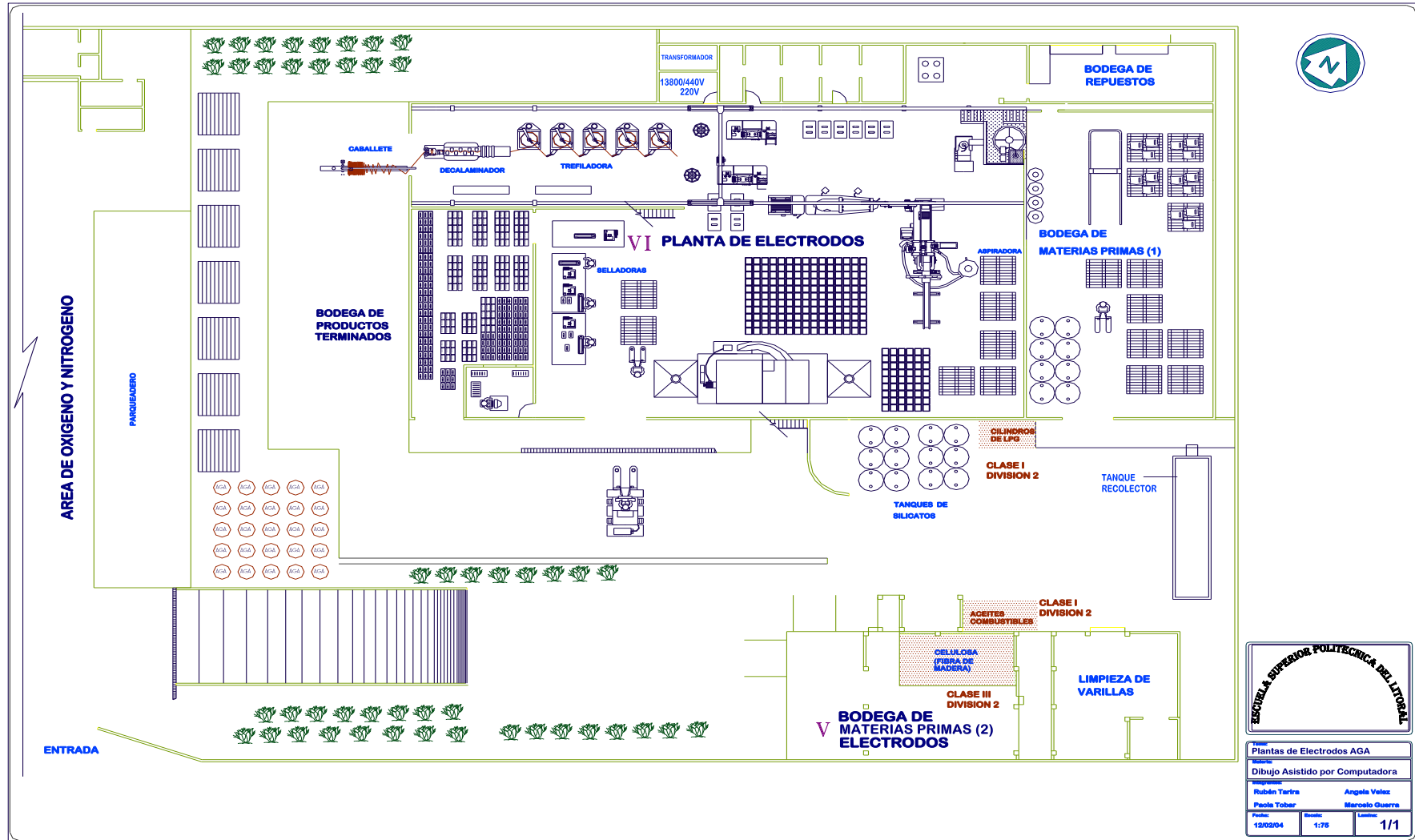


ANEXO # 2.- Planta de Electroodos dentro del plano de Guayaquil

En la foto se puede apreciar la planta de electroodos de AGA S.A. de una vista superior dentro del plano de Guayaquil. La foto fue obtenida del programa Google Eath.



ANEXO # 3



Plantas de Electrodo AGA		
Dibujo Asistido por Computadora		
Proyectado:	Robén Tarra	Angela Velaz
Revisado:	Pacoa Tober	Marcelo Guerra
Fecha:	12/02/04	1/1

ANEXO # 4.- Tipos de revestimientos y principales defectos en la soldadura

TIPOS DE REVESTIMIENTOS

Los electrodos son clasificados según el tipo de su revestimiento. Los 2 principales tipos son; **celulósicos, rutilicos**.

a) Celulósicos

En estos tipos de electrodos el componente principal es la **celulosa**. Se trata de una sustancia orgánica (hidrato de carbono) casi pura, de fibra corta y molida.

Estos electrodos dan muy buena protección gaseosa debido a que en su descomposición generan abundante CO₂ e H₂.

La característica distintiva de los electrodos celulósicos es su **enfriamiento rápido**; por tal motivo, son utilizables en toda posición, aún en vertical descendente. El plasma generado es muy agresivo dando como resultado una buena penetración. La escoria producida es escasa y de fácil remoción.

APLICACIONES: La principal utilización de estos electrodos es en la soldadura de juntas de ductos (gasoductos, oleoductos, acueductos, etc.) en vertical descendente. También son empleados para ejecutar la soldadura de raíz (en

juntas de penetración total), en todo tipo de cañerías de acero al carbono y algunos de baja aleación.

b) Rutílicos

El componente principal de estos tipos de electrodos es el óxido de titanio (TiO_2), pudiendo contener hasta un 50% en peso.

Es un electrodo de fácil encendido y mantenimiento o manejo del arco, y deja un aspecto muy parejo del cordón depositado. La escoria que produce es bastante densa, de color opaco, más bien oscuro, y se desprende fácilmente, a tal punto que a medida que el metal depositado se va enfriando, la capa de escoria comienza a separarse sola del cordón.

La característica de este tipo de revestimiento hace que este electrodo sea de suave fusión y poca penetración. Permiten realizar soldaduras en todas las posiciones.

APLICACIONES: Estos electrodos son comúnmente empleados en trabajos de herrerías, carpinterías metálicas y en estructuras no sometidas a grandes esfuerzos y de poca o ninguna responsabilidad.

DEFECTOS.

Los defectos comúnmente encontrados en el proceso de soldadura con electrodos revestidos (SMAW), son los siguientes:

Escorias: Se la define como una inclusión no metálica de forma irregular, que aparece localizada entre las pasadas o cordones de soldadura.

Este tipo de defecto es causado por una mala limpieza de la pasada anterior, cuya escoria solidificada no ha sido removida en su totalidad, o bien por una técnica inadecuada de soldadura, que durante el proceso de fusión quedó atrapada debajo del metal depositado.

Poros: El poro se manifiesta como una porción hueca, generalmente de forma esférica, dentro del metal aportado; los poros son producto de los gases que quedan atrapados en el interior del metal de soldadura.

Este tipo de defecto, puede tener diferentes orígenes y su forma y distribución dependerán de ellos. Por ejemplo:

- **Porosidad causada por la humedad del revestimiento del electrodo.**

El aspecto distintivo de este tipo de porosidad, es que comienza con una considerable cantidad de poros en el arranque del arco y va disminuyendo a medida que progresa el cordón hasta desaparecer totalmente. Esto se debe a que el electrodo, al iniciar el arco, se encuentra húmedo y luego se va secando mientras avanza el electrodo. (El calentamiento producido por el pasaje de la corriente eléctrica a

través del alma del electrodo, va secando y eliminando la humedad del revestimiento),

- Nido de Poros.

Se trata de un aglomerado de poros confinados (nido) en un área determinada. La principal causa es: para poder encender el arco, el extremo del electrodo necesariamente debe tener la punta pelada, es decir, sin el revestimiento o en el mejor de los casos una capa muy escasa. Los pocos segundos durante los cuales el arco está encendido transfiriendo el metal fundido de la punta del electrodo hacia el metal base, lo está realizando sin la adecuada protección gaseosa (por ausencia del revestimiento), lo cual permite que el oxígeno del aire circundante ataque el metal fundido, causando dichos nidos de poros.

- Poros Aislados.

Este tipo de poros se debe generalmente a impurezas presentes en la superficie de los biselados de la junta o en el revestimiento del electrodo. Aparecen en forma aleatoria en el cordón depositado, y su tamaño suele alcanzar los 3 mm y a veces puede ser mayor. A diferencia de los dos casos anteriores, el origen de estos poros es impredecible, o sea, difícil de prevenir.

Falta de fusión: Como su nombre lo indica se trata de una discontinuidad interna entre el metal base y el metal depositado (suele

presentarse también entre las pasadas de soldadura), donde no se ha producido la fusión o coalescencia entre ellos.

Las causas de una falta de fusión, generalmente son debidas al uso de amperajes excesivamente bajos para el diámetro de electrodo utilizado o a una técnica operatoria inadecuada. También una mala limpieza de la junta puede dar origen a este tipo de defecto.

Falta de penetración: Es un caso particular de la falta de fusión, que se manifiesta en la raíz de la junta. Se la puede definir como una imperfección de la soldadura evidenciada en la raíz, donde el metal depositado no alcanzó atravesar todo el espesor de la junta.

Las principales causas que dan origen a este tipo de defecto son: una incorrecta preparación de la junta, diámetro de electrodo inadecuado, amperaje utilizado muy bajo o excesiva velocidad de soldadura.

Fisuras: La aparición de este tipo de defecto generalmente no es responsabilidad del soldador, o sea que no es un defecto operativo, sino que normalmente es causado por algún problema metalúrgico, o bien por un embridamiento de la junta que genera un estado tensional pos-soldadura desfavorable.

Se la llama **defecto planar**, al igual que a una falta de fusión, por tratarse de un defecto bidimensional, es decir, no tiene espesor.

Las fisuras pueden ser: longitudinales al eje del cordón de soldadura, transversales o tener cualquier otra dirección; pueden ser internas o externas, rectilíneas o curvilíneas, grandes o pequeñas.

Las causas más comunes de fisuración en materiales ferríticos (aceros al carbono) es la falta de un precalentamiento adecuado, asociado o no a una junta muy restringida, mientras que en materiales austeníticos (aceros inoxidable), un excesivo aporte térmico es la principal causa de fisuración.

FUENTES DE PODER.

El proceso de soldadura por arco eléctrico requiere, por un lado, de una tensión (voltaje) capaz de mantener el arco encendido, y por otro lado, de un continuo suministro de corriente eléctrica (amperaje) que permita mantener estable dicho arco durante un determinado tiempo. Las fuentes de poder son equipos desarrollados para cumplir con los objetivos que permiten el control del arco eléctrico, y la característica requerida para cada aplicación particular.

Clasificación de las Fuentes de Poder.

Las fuentes de poder, desde el punto de vista de sus características estáticas externas, se las clasifica en:

- Corriente Constante.

- Tensión Constante.

Las fuentes de **Corriente Constante** reciben esta denominación, por cuanto mantienen prácticamente invariable la intensidad de la corriente del arco eléctrico durante todo el ciclo de soldadura.

Este tipo de fuente son utilizadas principalmente en los procesos de soldadura manual, donde la tensión del arco varía permanentemente como consecuencia de la variación de su longitud, que a su vez depende de la mano (pulso) del soldador.

Esta característica externa de la fuente es muy favorable para la soldadura con electrodos revestidos, ya que permite depositar un cordón uniforme independientemente de la tensión del arco, por cuanto el tamaño del cordón depositado depende del amperaje utilizado (que prácticamente permanece invariable) y no de la tensión del arco (que varía con la mano del soldador).

Las fuentes cuya característica es de **Tensión Constante**, tienen un comportamiento externo totalmente opuesto a la de Corriente Constante. Precisamente, como su nombre lo indica, mantiene constante la tensión del arco eléctrico, mientras que la corriente sufre grandes variaciones al cambiar la longitud del arco.

Este tipo de característica externa de la fuente, hace prácticamente imposible mantener la longitud del arco constante en forma manual, ya que el soldador no es un robot y por más buen pulso que tenga, nunca podrá conservar una distancia del arco invariable, teniendo en cuenta que debe ir aproximando el electrodo a la pieza a medida que éste se va fundiendo y avanzando

Como la uniformidad del cordón depositado depende fundamentalmente del amperaje utilizado, cualquier variación del mismo dará como resultado una deposición irregular del material aportado. De allí que éste tipo de fuente no es apta para aquellos procesos de soldadura donde el control del arco es totalmente manual.

Tipos de Fuentes de Poder.

Los tipos de corriente de soldadura comúnmente utilizados son: Corriente Continua (CC) y la Corriente Alternada (CA).

Según el tipo de corriente de soldadura suministrada por la fuente, las máquinas de soldar pueden ser agrupadas tal como lo muestra el siguiente cuadro.

CORRIENTE DE SOLDADURA	TIPO DE FUENTE	MAQUINA O EQUIPO
CORRIENTE CONTINUA	GENERADOR (ROTATIVA)	ELECTROSOLDADORA
		MOTOSOLDADORA
	ESTATICA	RECTIFICADORA
		INVERSORA
CORRIENTE ALTERNA	ESTATICA	TRANSFORMADOR

Potencia y Rendimiento de la Fuente de Poder.

Se denomina **potencia** a la capacidad que tiene la fuente de suministrar la corriente necesaria para realizar la soldadura. Según el tipo de aplicación, existen fuentes de 150, 200, 250, 300, 350, 450, 500, 600, 650, 750, 800, 1000, 1200 y 1500 amperes de corriente nominal. La corriente máxima dependerá del rendimiento (que puede ser del 30%, 60% o 100%), que a su vez está relacionado con el ciclo de trabajo.

La eficiencia de una máquina de soldar depende de su rendimiento, cuya medición está determinada por el ensayo según norma NEMA EW-1 (National Electrical Manufacturers Association).

Según dicha norma, el ciclo de trabajo de una fuente de poder (o de una máquina eléctrica en general) está dado por el porcentaje de un período de 10 minutos durante los cuales la máquina puede operar a la máxima corriente de trabajo (soldadura).

El **rendimiento** o factor de marcha de una máquina de soldar, es el período durante el cual la fuente suministra la máxima potencia en forma segura; por ejemplo, una fuente de poder clasificada según norma NEMA 300 A al 60%, significa que la misma puede ser utilizada, soldando sin interrumpir el arco, con una corriente de 300 amp. durante 6 minutos sobre un tiempo total de un ciclo de 10 minutos.

Si el factor de utilización de la máquina es inferior al 60%, por ejemplo un 30%, la corriente máxima puede ser elevada hasta 425 amp. Por el contrario, si el factor de utilización es superior al 60%, por ejemplo un 75%, la máxima corriente, a utilizar que no afecte o dañe la máquina, será de 268 amp.

ANEXO # 5.- Manual de especificaciones de materia prima
AGA S.A.
Depto: Desarrollo y Control

ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA				
MATERIAL : ALAMBRON TIPO ELECTRODOS				CODIGO :
	%	Mín.	Máx.	TIPO ACERO SEMI - CALMADO
*	C	0,05	0,09	Resistencia a la tracción : 470 N/mm ² máx. (48 Kg./mm ²) máx. Elongación : 15% mín. Grado calamina : Para decalaminado mecánico menor de 1% en peso. Diámetro Nominal : 5,50 ± 0,3 mm. máx. Ovalidad: 0,5 mm. máx. Identificación : Por cada rollo - Nombre del fabricante - Tipo del alambre - Diámetro nominal - Número de colada - Número de rollo - Peso aproximado (Kg.) - País de origen
*	Mn	0,38	0,60	
*	Si		0,10	
*	S		0,025	
*	P		0,025	
	Cu		0,15	
	Cr		0,15	
	Ni		0,15	
	Al		0,0030	
	Ti		0,0030	
Preparado por : W.P.		Aprobado por : C.G.		Fecha : 15 / 10 / 97
				Revisión : 3

ANEXO # 6.- Manual de Responsabilidades del Personal de la Planta de Electrodo

Operador de mezcladora.

- Controlar y operar la mezcladora mediante sus mandos eléctricos para que los tiempos de mezclado en seco y húmedo sean los requeridos verificando además que la masa obtenida cumpla con los parámetros de control de calidad establecidos.
- Controlar visualmente y al tacto que la consistencia de la masa sea adecuada para evitar problemas en la extrusión.
- Estar en comunicación permanente con el operador de la prensa para conocer si la masa ocasiona problemas y corregir las posibles fallas.
- Recolectar, tamizar, moler y preparar los residuos de masa del proceso de extrusión para su re utilización.
- Reportar diariamente la ocurrencia de paradas de mezclas.
- Reportar inmediatamente al supervisor y/o jefe de planta, cualquier novedad que ocurra en el equipo, materiales y proceso a su cargo.
- Evitar que se produzcan paradas en la mezcladora.
- Controlar y reportar que el mecánico realice el mantenimiento preventivo programado para su maquina.
- Mantener limpia y ordenada su área de trabajo.
- Al finalizar el turno dejar limpio y lubricado su equipo.
- Usar y cuidar el equipo de protección personal que se le haya entregado y cumplir con las normas de seguridad establecidas.

Operador de extrusión.

- Operar la prensa conforme a las instrucciones.
- Realizar los cambios y calibraciones necesarias en la maquina para producir el tipo y diámetro de electrodo programado para ese día.
- Ser responsable de controlar que el electrodo cumpla con los requisitos de calidad que se exigen, en cuanto a las dimensiones del electrodo, y que se indican en la tabla de parámetros de control de calidad en extrusión.
- Manejar el medidor de excentricidad de acuerdo a las calibraciones para cada tipo de electrodo, y conforme a las instrucciones de operación del equipo.
- Separar y recuperar las varillas en los electrodos que salen defectuosos durante el proceso.
- Reportar diariamente la producción, pérdida de tiempo y materias primas.
- Reportar inmediatamente al supervisor y/o jefe de planta cualquier novedad que ocurra con el equipo, materiales y procesos a su cargo.
- Estar en comunicación permanente con el operador de la mezcladora, para corregir dificultades que pudieran estar ocurriendo en la producción debido a la masa, para que sea corregida.
- Realizar mantenimiento y limpieza diaria de los equipos a su cargo.
- Controlar y reportar que el mecánico lleve a cabo el mantenimiento preventivo programado para su máquina.

- Usar y cuidar el equipo de protección personal que se le haya entregado y cumplir con las normas de seguridad establecidas.

Operador de corte.

- Manejar la máquina de acuerdo a las instrucciones de operación del fabricante.
- Realizar los cambios y calibraciones necesarias en la maquina para cortar el diámetro y longitud de alambre requerido.
- Controlar periódicamente que la varilla cortada cumpla con las especificaciones requeridas y que se indican en la tabla de parámetros de control de calidad en corte.
- Almacenar la varilla cortada en los cajones, repartirla bien e identificar los cajones con su respectivo ticket.
- Reportar la producción y las pérdidas al finalizar el turno.
- Reportar al supervisor y/o jefe de planta inmediatamente cualquier novedad que ocurra con el equipo, material o varilla a su cargo.
- Controlar niveles de aceite, engrase, etc. de la cortadora a su cargo y ayudar en el mantenimiento de la misma.
- Controlar y reportar que el mecánico efectúe mantenimiento preventivo programado para su máquina.
- Mantener limpia y ordenada su área de trabajo.
- Al final del turno dejar limpio y lubricado su equipo.
- Usar y cuidar el equipo de protección personal que se le haya entregado y cumplir con las normas de seguridad establecidas.

Operador de trefilación.

- Colocar rollos de alambón en la devanadora, y soldar la punta con la cola del rollo anterior.
- Cambiar y mantener las hileras en buen estado.
- Dosificar los lubricantes de trefilación y regular el sistema de refrigeración del equipo.
- Manejo del tablero de control de la máquina trefiladora.
- Controlar el nivel y las pérdidas de aceite en los monobloques.
- Ayudar en el mantenimiento y limpieza diaria de la máquina.
- Controlar y reportar que el mecánico efectúe el mantenimiento preventivo programado para la trefiladora.
- Encender y apagar la bomba de agua de la torre de enfriamiento desde el pulsador que se encuentra en el panel local.
- Reportar la producción de alambre trefilado, especificando el diámetro final y el alambón consumido diariamente.
- Ser responsable de que el alambre de cada bobina cumpla con las condiciones de calidad que se especifican en la tabla de parámetros de control de calidad en trefilación.
- Reportar inmediatamente al supervisor y/o jefe de planta cualquier novedad que ocurra con el equipo o materiales a su cargo.
- Usar y cuidar el equipo de protección personal que se le haya entregado y cumplir con las normas de seguridad establecidas.
- Cualquier cambio que se realice a las funciones asignadas debe ser autorizado por el jefe de planta y/o el supervisor de turno.

Operador de mezcla seca.

- Mantener un stock mínimo de containers listos para iniciar la producción del día y evitar que la mezcladora se detenga.
- Llenar los containers de acuerdo a los pesos y materiales asignados para cada tipo de electrodos, y a lo programado para el día de producción; los pesos y materiales que se emplean para cada uno de los tipos de electrodos se encuentran en la carpeta de mezcla seca.
- Mantener un stock mínimo de materiales necesarios para cubrir el programa de producción de por lo menos tres días, coordinando con el bodeguero la entrega de los materiales necesarios.
- Identificar claramente todos y cada uno de los materiales existentes en la bodega de fluxes (polvos químicos).
- Identificar claramente todos y cada uno de los containers llenos especificando el tipo de flux en ellos.
- Informar inmediatamente al jefe de planta y/o al supervisor cuando se observe una falla o anomalía en los materiales o equipos a su cargo.
- Reportar mensualmente el consumo e inventario de materiales bajo su responsabilidad.
- Mantener limpia el área de trabajo.
- Usar y cuidar el equipo de protección personal que se le haya entregado y cumplir con las normas de seguridad establecidas.
- Cualquier cambio que se realice a las funciones asignadas debe ser autorizada por el jefe de planta y/o supervisor de turno.

ANEXO # 8.- Programa de Producción mensual

AGA S.A
PROGRAMA DE PRODUCCION MES DE: Enero-01
KILO\$ PROGRAMADOS DIARIO\$:
HORA PROGRAMADAS DIARIAS :

FECHA	DIA	F	TIPO	Ø	HORAS PRODUCCION	ORDEN PRODUCCION	KGS PROGRAMA	KGS ACUMULADO	COMENTARIO
01-Ene	LUNES				0		0		
02-Ene	MARTES				0		0		
03-Ene	MIERCOLES				0		0		
04-Ene	JUEVES				0		0		
05-Ene	VIERNES				0		0		feriado
06-Ene	SABADO								feriado
07-Ene	DOMINGO								
08-Ene	LUNES				0		0		
09-Ene	MARTES				0		0		
10-Ene	MIERCOLES				0		0		
11-Ene	JUEVES				0		0		
12-Ene	VIERNES				0		0		
13-Ene	SABADO								feriado
14-Ene	DOMINGO								feriado
15-Ene	LUNES				0		0		
16-Ene	MARTES				0		0		
17-Ene	MIERCOLES				0		0		
18-Ene	JUEVES				0		0		
19-Ene	VIERNES				0		0		
20-Ene	SABADO								feriado
21-Ene	DOMINGO								feriado
22-Ene	LUNES				0		0		
23-Ene	MARTES				0		0		
24-Ene	MIERCOLES				0		0		
25-Ene	JUEVES				0		0		feriado
26-Ene	VIERNES								
27-Ene	SABADO								feriado
28-Ene	DOMINGO				0		0		feriado
29-Ene	LUNES				0		0		feriado
30-Ene	MARTES				0		0		
31-Ene	MIERCOLES				0		0		
TOTAL MES					0		0		

ANEXO # 9.- Certificado por parte del jefe de la planta de electrodos de la empresa AGA S.A.

➤ Ver carta adjunta