



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

*APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADISTICO A LA VARIABLE CRITICA
"TEMPERATURA"
EN UNA EMPRESA ACERERA.*

AUTOR

ING. ELSY GUADALUPE HERNÁNDEZ VÁZQUEZ

TESIS

*EN OPCION AL GRADO DE MASTER EN ADMINISTRACIÓN Y DE
NEGOCIOS CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCION Y CALIDAD*

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. AGOSTO 2009



UANL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCION DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que el proyecto "APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADISTICO A LA VARIABLE CRITICA TEMPERATURA EN UNA EMPRESA ACERERA" realizado por la alumna Ing. Elsy Guadalupe Hernández Vázquez con matricula 1471030 sea aceptada para su defensa con la opción al grado de Master en Administración y de Negocios con especialidad en Producción y Calidad.

El Comité de Tesis

Asesor

Ing. Alejandro Aguilar Meraz

Co asesor

Ing. Rosa Amelia Alcántar Ruíz

Co asesor

Ing. Guadalupe Evaristo Cedillo Garza



UANL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

AGRADECIMIENTOS

.....El presente trabajo fue realizado con la supervisión del **M.C. Alejandro Aguilar Meraz y la M.A. Rosa Amelia Alcántar Ruíz** a los que les agradezco su apoyo y el tiempo dedicado para llevar a cabo dicho proyecto.

.....A **Dios** por darme la sabiduría y el entendimiento para seguir logrando mis objetivos día a día con sus bendiciones y ser una profesionista exitosa.

.....A mis **Padres y Hermanos**, que la distancia no impidió que su apoyo estuviera presente por lo que les estoy muy agradecida de creer en mí.

.....A mi **Novio Aldo**, que lo conocí cuando inicié esta maestría y que ha sido una persona que me ha ayudado a superar muchas cosas y ha estado conmigo demostrándome todo su apoyo.

.....A mis **Amigos y Compañeros** que conocí a lo largo de la maestría, gracias por su amistad incondicional.

.....Al **ITCM** y a la **DGEST** por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios de Posgrado.

.....A la **UANL** y a **FIME** que me han permitido poder estudiar en sus aulas; así como adquirir nuevos conocimientos y habilidades para mi desarrollo profesional.



INDICE
APLICACIÓN DEL CONTROL ESTADISTICO A LA VARIABLE CRITICA
"TEMPERATURA"
EN UNA EMPRESA ACERERA.

I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes de la Empresa	7
1.2 Justificación de la investigación.....	19
1.3 Planteamiento del problema.....	20
1.4 Objetivo de la investigación.....	21
1.5 Limitaciones del estudio.....	22
II. MARCO TEORICO.....	23
III. METODOS Y MATERIALES	
3.1 Método de investigación.....	36
3.2 Selección de la muestra.....	37
3.3 Localización de la zona de muestreo.....	37
3.4 Hipótesis.....	38
3.5 Descripción del método de muestreo.....	38
3.6 Descripción de los métodos y procedimientos.....	38
3.6.1 Selección de la variable critica.....	38
3.6.2 Técnicas Estadísticas.....	38
3.6.3 Procedimiento para prueba de normalidad y gráficos de control.....	39
3.6.4 Procedimiento para la capacidad de proceso.....	43



IV. RESULTADOS	48
4.1 Prueba de Normalidad.....	49
4.1.1 Cálculos de Medias y Desviación Estándar.....	50
4.2 Gráficos de control.....	51
4.2.1 Cálculos de límites de control para Gráfico "X".....	51
4.2.2 Cálculos de límites de control para Gráfico "S".....	52
4.2.3 Representación gráfica X-S.....	53
4.2.4 Cálculos de gráficos de control omitiendo datos atípicos.....	54
4.3 Cálculos de capacidad de proceso.....	57
4.3.1 Representación grafica de la capacidad de proceso.....	58
4.3.2 Calculo del área fuera de especificación.....	59
V. CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFIA	62
ANEXOS	63



RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Cd. de Monterrey, N.L. en una Empresa Acerera ubicada en Universidad No. 992 Nte. Cuauhtemoc, C.P. 66450, durante el periodo comprendido entre el año 2007 y 2009 y en la misma participaron todos los encargados de la planta en el Área de Producción y Procesos; así como los Asesores de Tesis el M.C. Alejandro Aguilar Meraz y la M.A. Rosa Amelia Alcántar Ruiz y una servidora Ing. Elsy Guadalupe Hernández Vázquez, de allí el propósito de la presente investigación consistió en la aplicación del control estadístico a la variable crítica "temperatura" en una empresa acerera. Para ello fue necesario la definición del efecto que tiene esta variable en que exista variabilidad en las propiedades mecánicas dentro del proceso de producción de tubería AP1-5L que se basan de acuerdo a las especificaciones de temperatura de la misma. El presente estudio se justificó ya que es importante implementar un sistema de control estadístico dentro de este proceso de producción con el objetivo de mejora continua; así como para analizar las causas especiales (preventivas) tomando en cuenta que la variable crítica "temperatura" es una causa de acuerdo a las pruebas de Laboratorio que se realizan dentro del proceso. Los métodos que se utilizaron para el análisis fueron prueba de normalidad, gráficos de control y capacidad de proceso; por lo anterior pudimos concluir que las 80 lecturas de temperatura que tomamos como muestra eran datos normales, gráficos X-S bajo control estadístico y la capacidad de proceso se concluyó que el proceso esta descentrado con respecto a los limites de especificación por lo que la estrategia seria centrar la media para que pueda cumplir con lo antes mencionado; así como el área de especificación fue de 91.92%.

Por último se mencionan las mejoras al proceso de manera que se tenga un mejor control al problema.



CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Esta Empresa Acerera es productora de aceros planos y largos con centros productivos localizados en Argentina, México, Estados Unidos y Guatemala, líder en el mercado latinoamericano con procesos integrados para la fabricación de acero y derivados.

Con un volumen de ventas aproximadas de más de 8 millones de toneladas, esta empresa es el mayor fabricante de productos terminados de acero en América Latina. Su modelo de gestión se asienta en el desarrollo de bases productivas para consolidar la eficiencia y sinergia de sus procesos, fabricando productos de alto valor agregado y apostando al crecimiento de los países y los mercados en donde opera.

Misión.-

Creamos valor con nuestros clientes, mejorando la competitividad y productividad conjunta, a través de una base industrial y tecnológica de alta eficiencia y una red comercial global.

Visión.-

Ser la empresa siderúrgica líder de América, comprometida con el desarrollo de sus clientes, a la vanguardia en parámetros industriales y destacada por la excelencia de sus recursos humanos.

Valores

- Compromiso con el desarrollo de nuestros clientes
- Creación de valor para nuestros accionistas



- Cultura técnica, vocación industrial y visión de largo plazo
- Arraigo local, visión global
- Transparencia en la gestión
- Profesionalismo, compromiso y tenacidad
- Excelencia y desarrollo de los recursos humanos
- Cuidado de la seguridad y condiciones de trabajo
- Compromiso con nuestras comunidades

Política de Calidad

Esta Empresa Acerera publica la Política de Calidad única

Se anunció el lanzamiento de la Política de Calidad única para toda Esta Empresa Acerera. El documento es una expresión de la orientación que tiene la compañía hacia la excelencia y fue elaborado por especialistas de Calidad de México y Argentina.

“Una sola compañía, una sola política de Calidad”. Esta es la premisa a partir de la cual se anunció el lanzamiento de la Política de Calidad única en Esta Empresa Acerera.

“Estamos frente a los desafíos de profundizar las sinergias entre las unidades productivas y de regirnos por políticas y procedimientos comunes, idénticos para todo nuestro sistema industrial, y para fortalecer la relación con nuestros clientes”, dijo Daniel Novegil, CEO de Esta Empresa Acerera.

Los principios que guiarán la Gestión de Calidad se expresan en el contenido de la Política, constituyendo una declaración del compromiso con sus clientes y están alineados con la visión de convertir a Esta Empresa Acerera en la empresa siderúrgica líder de América.



“Seguimos transitando el camino de la integración y la excelencia. Juntos sumamos esfuerzos y alineamos visiones para convertirnos en un líder en la producción de aceros planos y largos”, dijo Daniel Novegil. Para garantizar la coordinación de los aspectos claves de la Gestión de Calidad, se han definido dos funciones en la estructura de Esta Empresa Acerera: Producto y Sistemas de Calidad.

La Política de Calidad establece la búsqueda de altos estándares de Calidad para los productos y servicios. Pone de manifiesto el compromiso de toda la organización con nuestros clientes, con el convencimiento de que su éxito es nuestro éxito. Además, se focaliza en los recursos humanos, promoviendo una cultura hacia la integración, la calidad de vida, la seguridad y el medio ambiente.

En la dinámica cotidiana, el anuncio significa que los recursos humanos de Esta Empresa Acerera comparten la responsabilidad de implementar un Sistema de Gestión de Calidad único coherente con las mejores prácticas; la mejora constante de sistemas y procesos; la relación fluida y transparente con proveedores y clientes, la inversión, el crecimiento sistemático y la satisfacción de los clientes con productos y servicios de Calidad.

El impulso conjunto del personal directivo, profesionales, técnicos y operarios del grupo permitirá presentar al mundo la “Calidad Esta Empresa Acerera”. Lograr ese objetivo requerirá: desarrollar e implementar el Sistema de Gestión de Calidad Esta Empresa Acerera, homologar la forma de Gestionar la Calidad, hablar de una Calidad única -sin importar de dónde provenga el producto o el servicio-, y posteriormente avalarlo mediante la obtención de la certificación del Sistema de Gestión de Calidad Esta Empresa Acerera.



LINEA TRANSPARENTE.-

En concordancia con sus estándares de integridad y transparencia, esta Empresa Acerera ha puesto a disposición del personal, proveedores, inversores y terceros en general, un canal confidencial de comunicación llamado Línea Transparente.

Este canal permite reportar posibles irregularidades, incluyendo sin limitación aquellas relativas a temas contables, de auditoría y de control interno.

Los reportes pueden ser enviados por escrito mediante la generación de un reporte electrónico a través de nuestra línea transparente, o comunicándose a través de los números telefónicos gratuitos (0800) disponibles las 24 horas del día en cada país. A fin de facilitar el análisis de los reportes dirigidos a la Línea Transparente es muy importante que se detallen todas las precisiones sobre: qué sucedió, quiénes estuvieron involucrados, cuándo, cómo y dónde tuvo lugar el hecho.

La Dirección de Auditoría, bajo la supervisión directa del Chairman y, en lo relacionado con los temas contables, de auditoría y de control interno sobre los estados contables, bajo la supervisión del Comité de Auditoría de Esta Empresa Acerera, analizará los reportes recibidos por la Línea Transparente considerando toda información suministrada como estrictamente confidencial en la medida en que la legislación aplicable lo permita.

Medio ambiente

Esta Empresa Acerera se encuentra frente al inicio de la implementación de su sistema de Gestión Integrado de Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional (SGASSO), conforme a lo establecido en su Política ASSO, basada en el principio de desarrollo sostenible que integra todas las actividades relacionadas, incluyendo a la comunidad y las generaciones futuras.



El sistema de gestión integrado es un conjunto de procedimientos y prácticas que ayudan a Esta Empresa Acerera a mejorar permanentemente su desempeño ambiental de acuerdo con los lineamientos de normas internacionales, como la ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental) y la OHSAS 18001 (Sistema de Gestión de Seguridad, Higiene y Salud Ocupacional). Asimismo se aplican conceptos de eco-eficiencia y seguridad integral en todo el sistema, desde el diseño de productos e inversión industrial, hasta el desarrollo de las comunidades con las cuales interactúa.

El Cambio Climático y la Siderurgia

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Esta Empresa Acerera apoya la búsqueda de soluciones tendientes a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de los productos de acero.

Intensidad de Energía y Eficiencia de Materiales:

Esta Empresa Acerera revisa continuamente sus operaciones a fin de optimizar la eficiencia de los recursos energéticos, la re-utilización de subproductos y el tratamiento y eliminación adecuada de residuos, emisiones gaseosas y efluentes líquidos.

Actualmente, las siderurgias emplean complejos sistemas de gestión de energía y gas para el uso óptimo de energía en sus procesos. Gracias a estas estrategias, la emisión de gases de efecto invernadero de los procesos industriales, relacionados con la producción de acero, es próxima a la mínima teórica, en el caso de la Reducción Directa - Arco Eléctrico, ruta de fabricación de acero implementada por Esta Empresa Acerera en su planta de México.

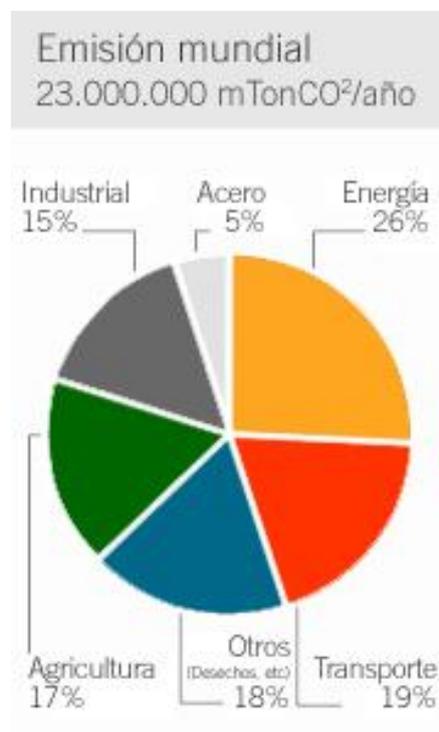
Por su parte, Esta Empresa Acerera Siderar cuenta con ruta de fabricación de acero basado en Alto Horno, Coquería y Convertidor al Oxígeno. En este proceso los subproductos son utilizados como combustibles, reemplazando el consumo de combustibles fósiles y materias primas para otras industrias.

Adicionalmente se están evaluando algunos proyectos energéticos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), conforme al Protocolo de Kyoto.

Es importante destacar que una parte importante de las nuevas inversiones en todas las plantas de Esta Empresa Acerera, contribuyen a reducir el impacto ambiental de sus actividades, productos y servicios.

Reciclado de Acero: La chatarra de acero puede reciclarse conservando sus propiedades, propiciando así el ahorro de energía y recursos naturales.

Figura 1.-





Apoyo a la Sustentabilidad

Esta Empresa Acerera participa de manera activa en diferentes agrupaciones ambientales gubernamentales y no gubernamentales, principalmente el Instituto Internacional del Hierro y el Acero (IISI), el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (Capítulos Nacionales), el Instituto Latinoamericano del Hierro y el Acero (ILAFA) y comisiones de consulta permanente de trabajo ambientales de varias asociaciones industriales.

Esta Empresa Acerera cuenta con unidades productivas en México, Argentina, USA y Venezuela...

Esta Empresa Acerera en México es un complejo siderúrgico altamente integrado en su cadena de valor. Sus actividades abarcan desde la extracción de mineral de hierro en sus propias minas y la fabricación de acero, hasta la elaboración de productos terminados de alto valor agregado y su distribución.

Esta Empresa Acerera desarrolla sus actividades industriales en todo el territorio mexicano: posee el 100% de la compañía minera Las Encinas (con minas de hierro en Colima, Jalisco y Michoacán y una planta de peletización en Colima); y el 50% de Peña Colorada (con una mina de hierro y una planta de peletización en Colima).

Posee también dos plantas productoras de productos largos (una en Apodaca, Nuevo León y otra en Puebla); dos plantas productoras de aceros planos (ambas en San Nicolás de los Garza, Nuevo León); cuatro plantas de recubiertos (una en Monclova, Coahuila; una en Apodaca y dos en San Nicolás de los Garza, Nuevo León); así como centros de servicio y centros de distribución en las principales ciudades de México.



Esta Empresa Acerera ha desarrollado una fuerte relación con las comunidades vecinas a sus centros productivos en México, en material de Salud y Ecología:

- Participa, junto con otras empresas de Colima (México), en el Patronato de Vida Silvestre, A.C., protegiendo a las tortugas marinas que cada año arriban a la costa de este estado mexicano. Además, la empresa apoya el sostenimiento del campamento tortuguero encargado de resguardar el proceso reproductivo.
- Promueve la preservación ecológica, por medio de visitas a escuelas de las localidades donde tiene operaciones industriales.
- Colabora con diversas instituciones encargadas de brindar ayuda en casos de emergencia, como cuerpos de bomberos, Cruz Roja y otros.
- En Monterrey, el cuidado de la salud, el deporte y las iniciativas sociales se fomentan mediante la Fundación Nova. Ésta posee un centro de salud, además de instalaciones deportivas y recreativas. Nova vela por la salud y el

desarrollo integral del trabajador, su familia, y la comunidad, además de patrocinar actividades educativas, artísticas, culturales y deportivas.

PRODUCTOS Y SERVICIOS.-

Las materias primas que maneja esta empresa son las siguientes.-

Mineral de Hierro

Mineral que contiene hierro, principalmente en forma de óxido, en proporción suficiente como para ser una fuente comercialmente viable de dicho elemento para su uso en procesos siderúrgicos.

Pellets

Aglomerados esféricos de partículas finas de mineral de hierro mezclado con diversos aglomerantes y aditivos (caliza, dolomita, combustibles sólidos, otros),



los cuales son consolidados a altas temperaturas, para alimentación de altos hornos y hornos de reducción directa.

Coque

Producido en nuestras plantas de coquización, con recuperación de subproductos, es obtenido a partir de una cuidadosa selección de carbones para cumplir con las estrictas propiedades químicas y granulométricas que exige su uso en la industria de la fundición.

Arrabio

Producto obtenido a partir de la reducción de mineral de hierro en altos hornos. La versatilidad del proceso de fabricación permite lograr distintas calidades, adecuadas a las finalidades específicas de la industria de la fundición.

HRD

Producto metálico obtenido de la reducción del mineral de hierro u óxidos de hierro a temperaturas inferiores a la de fusión del mismo. El contenido de hierro alcanzado lo hace apto como sustituto de la chatarra en la alimentación a los procesos de aceración en hornos eléctricos.

Escoria granulada

Producida en los Altos Hornos, la escoria granulada cumple en forma constante con las crecientes exigencias de la industria del cemento. Sus atributos fundamentales son: índice de vitrificación, contenido de azufre, índice de escoria y contenido metálico.



Tubos y perfiles

Tubos con costura

Tubos de acero soldados por resistencia eléctrica. Esta Empresa Acerera provee:

- **Tubos de Usos Generales:** Tubos de aplicación en las industrias automotriz y de auto partes, bicicletas y juegos infantiles, muebles, artículos del hogar, equipo hospitalario, postes para malla ciclónica, señalizaciones viales, implementos avícolas y ganaderos, entre otros. Estos tubos se presentan sin recubrimiento protector contra la corrosión (negro) o galvanizados.
- **Tubos Estructurales:** Tubos de alta calidad multipropósitos, recomendado para estructuras con necesidades específicas de esfuerzos mecánicos. Aplicaciones típicas en andamios, pasamanos, defensas, postes, corrales.
- **Tubos de uso mecánico:** Tubos soldados destinados a piezas ensambladas para maquinaria agrícola y equipamiento industrial. Estos productos se presentan sin recubrimiento protector contra la corrosión (negro) o galvanizados.
- **Tubos de Conducción:** Se ofrecen sin recubrimiento protector contra la corrosión (negro) o galvanizados para su aplicación típica en tuberías de conducción de agua, aire, gas y fluidos especiales.
- **Tubos de Conducción eléctrica (Conduit):** Tubos con costura de acero al carbono de sección circular, con cuplas roscadas, conformados en frío a partir de chapa laminada en frío o en caliente. Estos tubos se utilizan para conducción de cables en instalaciones eléctricas embutidas o exteriores bajo techo.



- **Tubos Petroleros: Tubería de hasta 6 mm de espesor, en diámetros interiores nominales de 2 3/8" hasta 4 1/2", diseñada especialmente para las aplicaciones de conducción de petróleo o fluidos de alta presión.**

Algunas empresas dedicadas al Acero son las siguientes.-

FERSUM SA DE CV nuevo

Tubería acero al carbón sin costura (Seamless), helicoidal o espiral (SSAW) y longitudinal (ERW-HFI, DSAW). Inventario en Diámetros de 1/4 a 42". Conducción de fluidos, uso mecánico o estructural, norias, pilotes, anuncios panorámicos.

Abastecedora de Aceros de Nayarit

Materiales para la construcción y ferretería en General Cemento blanco polar, yeso supremo, cal perla, tinacos polyplas, azulejos, lámina de asbesto mexalit, mallas electrosoldadas, castillos prefabricados, pegazulejo y pegapasta niasa, impermeabilizantes y selladores, lámina galvanizada, tubular zintro, polin monten, placa solera, P.T.R., ángulos, motobombas, válvulas y conexiones, tubo galvanizado y cobre, malla ciclónica, alambre de púas, sanitarios, pisos.

Acero Estructural

Empresa mexicana proveedora de acero estructural, viguetas, IPS, IPR, perfil, ángulos, placa, tubería industrial, etc. A nivel nacional.

Aceros Alva

Empresa del Grupo Industrial Vázquez, dedicada a la venta de Lámina (Negra, Galvanizada y Pintada), Forja Artística, Material Carrocero, Steel Weld Tabs,



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Material para cortinas metálicas, Muros y Plafones, Visite nuestro catálogo de Productos y Servicios

Aceros Corsa

Fabricante de perfiles de acero en la Ciudad de México desde 1956

Aceros Escobedo

Fabricación de semiflecha y distribución de acero comercial a nivel nacional

Aceros Levinson

Distribuidora de aceros especiales, metales y plásticos de ingeniería. Contamos con aceros grado herramienta, grado maquinaria e inoxidable; hierro gris, barra hueca, bronce, nylamid, aluminio, latón y mas productos.

Aceros Murillo

Compra venta de acero, forjas, herrajes, fierro, alambres.

Aceros Rosales

Corte y Doblez sin límite, el mejor servicio al mejor precio.

Aceros Sisa

Manejamos en inventario una gran gama de medidas para entrega inmediata en los distintos aceros especiales para atender los requerimientos de la industria.



1.2 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Es importante implementar un sistema de control estadístico dentro de este proceso de producción con el objetivo de mejora continua; así como para analizar las causas especiales (preventivas) tomando en cuenta que la variable crítica "temperatura" es una causa de acuerdo a las pruebas de Laboratorio que se realizan dentro del proceso.

Para cumplir con los estándares de calidad y superar las expectativas del proceso , se tiene que tener una mediciones que garantice lo anterior. Nuestro compromiso es que este dentro de la capacidad para cumplir los requerimientos de Norma en cuanto a Normalización de la Tubería (Eliminación de Martensita), es por eso que hemos sometido el proceso a un análisis estadístico.

Algunas ventajas de esta investigación son las siguientes.-

- Un proceso en control estadístico opera con menos variabilidad que uno que contenga causas especiales.
- Un proceso que posea causas especiales es inestable, y la variación excesiva puede ocultar el efecto de los cambios introducidos para lograr una mejora.



1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Recientemente de acuerdo a reportes de rechazos de clientes de tubería por no cumplir con las tres especificaciones que marca la norma (propiedades mecánicas Tabla 1) y que son: Resistencia de Tensión, Cedencia y %Elongación ya que esto ha provocado que al pasar la tubería al siguiente proceso se enchueque por estar muy suave en sus propiedades mecánicas o de lo contrario se quiebre por la dureza en propiedades.

Tabla 1.- NORMA DE ESPECIFICACIONES DE LA TUBERIA AP1-5L

FAMILIA / NORMA	GRADO	PROPIEDADES MECÁNICAS		
		RESIS. TENSIÓN (PSI)	CEDENCIA (PSI)	% Elongación
Conducción / A53	°A	48,000	30,000	22
	°B	60,000	35,000	20
API / 5L	X42	60,000	42,000	24
	X52	66,000	52,000	26

Esta Norma API 5L, solo es Tubería Petrolera, solo que en diferentes grados de Tubería Grado A , Grado B, Grado X42 y Grado X52 , los grados van de menor a mayor dureza y la que se analizara en esta investigación será de Grado X-52 de 4 1/2" (Tabla 1).

Por lo anterior tomando en cuenta que con estos detalles en el proceso de producción de tubería no se cuenta con un sistema de control estadístico que evite que el producto llegue al cliente final en estas condiciones provocando dichos reclamos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General.-

Controlar la variabilidad en las propiedades mecánicas (Resistencia Tensión, Cedencia y % Elongación) dentro del proceso de producción de tubería AP1-5L atacando la variable crítica "temperatura" a través de un sistema de control estadístico que permita mantener dentro de especificaciones de acuerdo a la norma.



1.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente proyecto de investigación tienes las siguientes limitaciones:

- Es aplicable para una sola familia de tubería que es la AP1-5L, X-52 de 4½" de diámetro ya que existen varios tipos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.- Especificaciones de Temperatura

NORMA	GRADO	DIAMETRO	TEMPERATURA
AP1-5L	X42	23/8" a 3½"	950°C a 1050 °C
		41/2" y 6 5/8"	750°C a <u>900</u> °C
	X-52	23/8" a 3½"	950°C a 1050 °C
		4½" y 65/8"	750°C a <u>900</u> °C

ANALIZADA

- Las muestras analizadas fueron tomadas en una de las plantas que existen a nivel mundial ya que esta empresa cuenta con 16 centros productivos y 14 oficinas comerciales (E.U., México, Guatemala y Argentina (la ubicación se mostrara en el tema 3.3), por lo que este estudio solo es aplicable en esa planta; ya que si se quisiera conocer un problema de esta índole en otra planta se tendría que tomar un muestreo de la misma.



CAPITULO II. MARCO TEORICO

CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD

Orígenes y evolución de la calidad

Previo a la conformación de los primeros grupos humanos organizados de importancia, las personas tenían pocas opciones para elegir lo que habrían de comer, vestir, en donde vivir y como vivir, todo dependía de sus habilidades en la cacería y en el manejo de herramientas, así como de su fuerza y voluntad, el usuario y el primitivo fabricante eran, regularmente, el mismo individuo.

La calidad era posible definirla como todo aquello que contribuyera a mejorar las precarias condiciones de vida de la época prehistórica, es decir, las cosas eran valiosas por el uso que se les daba, lo que era acentuado por la dificultad de poseerlas.

Conforme el ser humano evoluciona culturalmente y se dinamiza el crecimiento de los asentamientos humanos, la técnica mejora y comienzan a darse los primeros esbozos de manufactura; se da una separación importante entre usuario o cliente y el fabricante o proveedor.

La calidad se determinaba a través del contacto entre los compradores y los vendedores, las buenas relaciones mejoraban la posibilidad de hacerse de una mejor mercancía, sin embargo, no existían garantías ni especificaciones, el cliente escogía dentro de las existencias disponibles.

Conforme la técnica se perfecciona y las poblaciones se transforman poco a poco en pueblos y luego en ciudades de tamaño considerable, aparecen los talleres de artesanos dedicados a la fabricación de gran variedad de utensilios y

mercancías, cada taller se dedicaba a la elaboración de un producto, eran especialistas en ello y basaban su prestigio en la alta calidad de sus hechuras, las que correspondían a las necesidades particulares de sus clientes. En esta etapa surge el comerciante, sirviendo de intermediario entre el cliente y el fabricante.

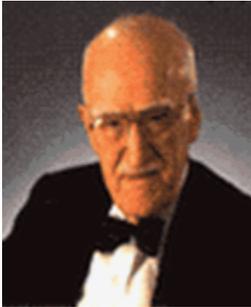
Los gurús de nuestros días

Los gurús de esta nueva etapa idealizan las funciones y dinámica de la organización para insertarlas en un nuevo modelo de comportamiento, relaciones y disciplinas. Entre estos tenemos:

W. EDWARDS DEMING (1900-1993)



William Edwards Deming nació en 1900 en Wyoming, E.U., se dedicó a trabajar sobre el control estadístico de la calidad. Japón asumió y desarrollo los planteamientos de Deming, y los convirtió en el eje de su estrategia de desarrollo nacional. En 1950 W. Edward Deming visitó Japón, dando conferencias sobre Control de Calidad. A dichas conferencias asistieron un grupo numeroso y seleccionado de directivos de empresas para crear las bases sobre las que instaurar el Premio Deming, premiando a aquellas instituciones o personas que se caracterizaran por su interés en implantar la calidad.

JOSEPH MOSES JURAN (1904-199)

Nace en Rumania en 1904 y es otra de las grandes figuras de la calidad. Se traslada a Minnesota en 1912. Es contemporáneo de Deming. Después de la II Guerra Mundial trabajó como consultor. Visita Japón en 1954 y convierte el Control de la Calidad en instrumento de la dirección de la empresa. Imparte su conferencia sobre: "Gestión Sistemática del Control de Calidad". Se le descubre a raíz de la publicación de su libro, desechado por otras editoriales: "Manual de Control de Calidad". Su fundamento básico de la calidad, es que sólo puede tener efecto en una empresa cuando ésta aprende a gestionar la calidad.

KAORU ISHIKAWA (1915-)

El representante emblemático del movimiento del Control de Calidad en Japón es el Dr. Kaoru Ishikawa. Nacido en 1915, se graduó en la Universidad de Tokio el año 1939 en Química Aplicada. Fue profesor en la misma Universidad, donde comprendió la importancia de los métodos estadísticos, ante la dispersión de

datos, para hallar consecuencias. Desarrolla el Diagrama Causa-Efecto como herramienta para el estudio de las causas de los problemas.

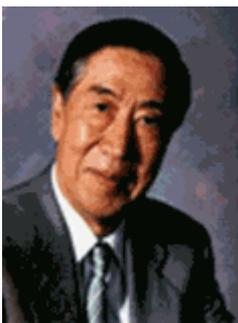
Parte de que los problemas no tienen causas únicas, sino que suelen ser, según su experiencia, un cúmulo de causas. Sólo hay que buscar esta multiplicidad de causas, colocarlas en su diagrama.

PHILIP B. CROSBY (1926-2001)



Philip Crosby nació en Wheeling, Virginia el 18 de junio de 1926. Entre su participación en la Segunda Guerra Mundial y Corea, Philip Crosby comenzó su trabajo como profesional de la calidad en 1952 en una escuela médica. La carrera de Philip Crosby comenzó en una planta de fabricación en línea donde decidió que su meta sería enseñar administración en la cual previniendo problemas sería más provechoso que ser bueno en solucionarlos. Formó la Crosby Associates, Inc. (PCA), y durante diez años siguientes la convirtió en una organización con 300 empleados y con \$80 millones de dólares en ganancias.

GENICHI TAGUCHI (1924-)



El Dr. Genichi Taguchi nació en Japón en 1924, graduándose en la Escuela Técnica de la Universidad Kiryu, su principal etapa profesional ha sido dentro de la Electrical Communication Laboratory (ECL) de la Nippon Telephone and Telegraph Co. (1948-1961) en donde se enfocó a la mejora de la productividad en la investigación y desarrollo. En sus métodos emplean la experimentación a pequeña escala con la finalidad de reducir la variación y descubrir diseños robustos y baratos para la fabricación en serie, reduciendo los tiempos de investigación, desarrollo y entrega del diseño.

SHIGEO SHINGO (1909-1990)



Nació en Japón en 1909, Shigeo Shingo tal vez no es tan conocido en Occidente como Ishikawa y Taguchi, aunque la incidencia de su trabajo, especialmente en Japón, ha sido inmensa. Después de graduarse en Ingeniería Mecánica en la Escuela Técnica Yamanahsi en 1930, se incorporó a la Fábrica de Ferrocarriles Taipei, en Taiwán, donde introdujo los métodos de gestión científica.

Es interesante advertir que los sistemas poka-yoke, al utilizar dispositivos que evitan la aparición de defectos, obvian la necesidad de medición. En general, los sistemas poka-yoke comprenden dos fases: el aspecto de detección y el aspecto de regulación.

**Figura 2.- Trilogía de la Calidad
(Juran)**



- *VARIABILIDAD*

Campo de variación en los valores numéricos de una magnitud. Generalmente en los procesos de producción y de prestación de servicios es imposible mantener todos los factores que influyen en el resultado final, constantemente en el mismo estado.

Este hecho da lugar a que las características representativas de este resultado final (producto o servicio) presenten una determinada variación:

- El tiempo de viaje para un determinado trayecto presenta diferencias de un día a otro debido a la variación de las condiciones de circulación, las condiciones climáticas, el número de viajeros, etc.
- Los ejes que produce una máquina tienen diferente diámetro dentro del mismo lote debido a pequeñas variaciones en las condiciones de la materia prima, a holguras de los elementos móviles, al desgaste de la herramienta, etc.



- El plato que prepara un cocinero tiene diferente gusto en diferentes Ocasiones debido a variaciones en el peso de los condimentos utilizados, en el tiempo de cocción, etc.

- *CAUSAS DE VARIABILIDAD*

En un proceso se distinguen dos tipos de causas de variación:

Causas internas, comunes o no asignables:

- Son de carácter aleatorio
- Existe gran variedad de este tipo de causas en un proceso y cada una de ellas tiene poca importancia en el resultado final.
- Son causas de variabilidad estable y, por tanto, predecible.
- Es difícil reducir sus efectos sin cambiar el proceso.

Causas externas, especiales o asignables:

- Son pocas las que aparecen simultáneamente en un proceso, pero cada una de ellas produce un fuerte efecto sobre el resultado final.
- Producen una variabilidad irregular e imprevisible, no se puede predecir el momento en que aparecerá.
- Sus efectos desaparecen al eliminar la(s) causa(s).

- *PROCESO*

Combinación única de máquina, herramienta, método, materiales, temperatura, hombre y todo aquello necesario para la obtención de un determinado producto o servicio.

- *PROCESO BAJO CONTROL*

Se dice que un proceso se encuentra bajo control cuando su variabilidad es debida únicamente a causas comunes (internas).

Ningún proceso se encuentra espontáneamente bajo control, es necesario un esfuerzo sistemático para eliminar las causas asignables que actúan sobre él.

La ventaja de tener un proceso bajo control es que su resultado es estable y predecible.



- *GRAFICOS DE CONTROL*

Los Gráficos de Control son representaciones gráficas de los valores de una característica resultado de un proceso, que permiten identificar la aparición de causas especiales en el mismo.

- *GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS*

Son Gráficos de Control basados en la observación de la presencia o ausencia de una determinada característica, o de cualquier tipo de defecto en el producto, servicio o proceso en estudio.

Características principales

A continuación se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

Comunicación

Simplifican el análisis de situaciones numéricas complejas.

Impacto visual

Muestran de forma clara y de un "vistazo" la variabilidad del resultado de un proceso, respecto a una determinada característica, con el tiempo.

Sencillez

La naturaleza de los datos necesitados permite recogerlos y tratarlos de forma simple y rápida.

Aplicabilidad

Los Gráficos de Control por Atributos se pueden utilizar para cualquier tipo de proceso, producto o servicio y característica de los mismos, sea esa medible o no.

- *MUESTRA, "n"*

Uno o varios elementos tomados de un conjunto más amplio (población o universo) para proporcionar información sobre el mismo y, eventualmente, para tomar una decisión relativa al colectivo o al proceso que lo ha producido.



- *TENDENCIA CENTRAL*

Característica típica de la mayoría de las distribuciones de frecuencia, por la cual el grueso de las observaciones se agrupan en una zona determinada de las mismas.

- *MEDIA ARITMETICA, X*

Medida de la tendencia central correspondiente a la suma de todos los valores dividida por el número de los mismos.

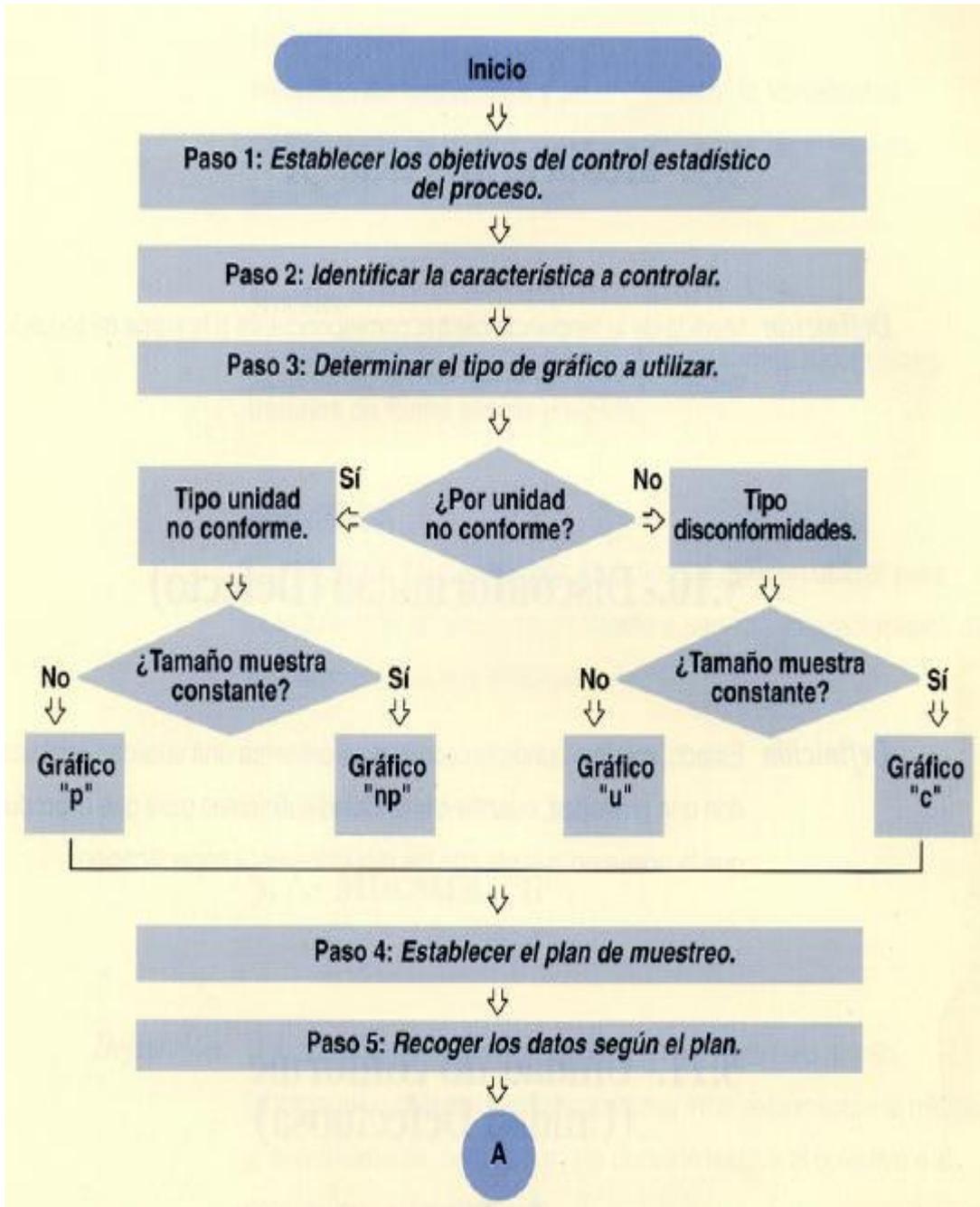
- *DISCONFORMIDAD (DEFECTO)*

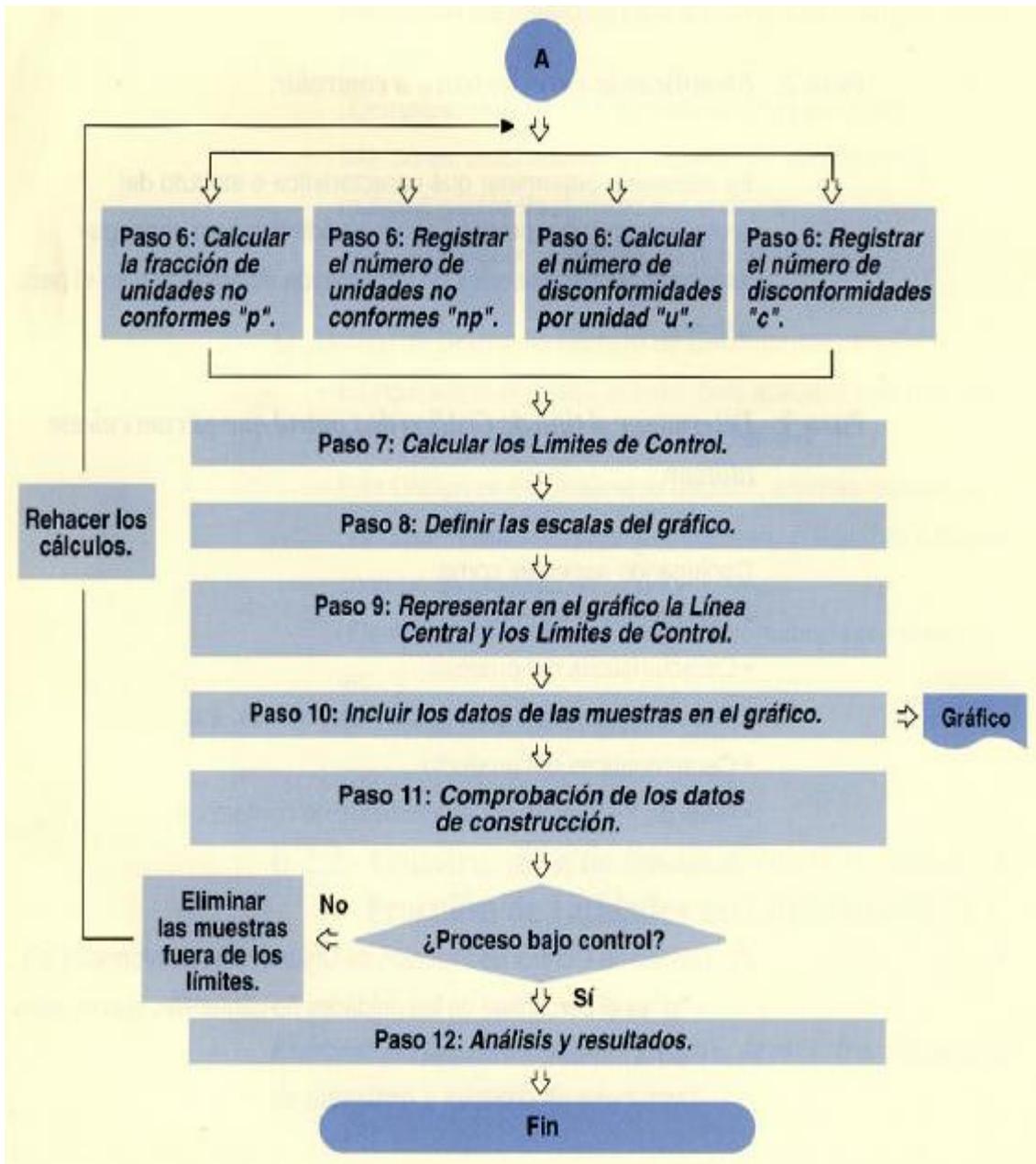
Estado, modo o condición con que se presenta una cualidad (atributo) con una gravedad, cuantía o intensidad suficientes para que el producto que la posee no cumpla con los requisitos de la especificación.

- *UNIDAD NO CONFORME (UNIDAD DEFECTUOSA)*

Unidad de producto o servicio que contiene una o varias disconformidades.

**Figura 3.- Gráficas de Control por Atributos
Proceso**





Construcción

Elección del tipo de gráfico

Paso 1: Establecer los objetivos del control estadístico del proceso

La finalidad es establecer qué se desea conseguir con el mismo.



Paso 2: Identificar la característica a controlar

Es necesario determinar qué característica o atributo del producto/servicio o proceso se van a controlar para conseguir satisfacer las necesidades de información establecidas en el paso anterior.

Paso 3: Determinar el tipo de Gráfico de Control que es conveniente utilizar

Conjugando aspectos como:

- Tipo de información requerida.
- Características del proceso.
- Recursos Humanos y materiales disponibles, etc.
- Características del producto.
- Nivel de frecuencia de las unidades no conformes o disconformidades.

a) Gráfico de Control de Fracción de Unidades no Conformes ("p")

- "p" es el porcentaje de las unidades no conformes encontradas en la muestra controlada.

b) Gráfico de Control de Número de Unidades no Conformes ("np")

- Es equivalente al gráfico anterior, pero aplicable solamente si todas las muestras son del mismo tamaño "n".

- "np" = N° de unidades no conformes.

c) Gráfico de Control de Disconformidades por Unidad ("u")

Se emplea cuando pueden aparecer varias disconformidades independientes (defectos) en una misma unidad de producto o servicio.

(Ejemplos: Montaje de componentes complejas como televisores, ordenadores, o prestación de servicios con múltiples puntos de contacto con el cliente).

- "u" = N° de disconformidades de una unidad.

d) Gráfico de Control de Número de Disconformidades ("c")

- Es equivalente al gráfico anterior, pero aplicable solamente si todas las muestras son del mismo tamaño n.

- Este Gráfico es utilizado, además, cuando las disconformidades se hallan dispersas en un flujo más o menos continuo de producto.
- "c" = N° de disconformidades.

Capacidad de Proceso.-

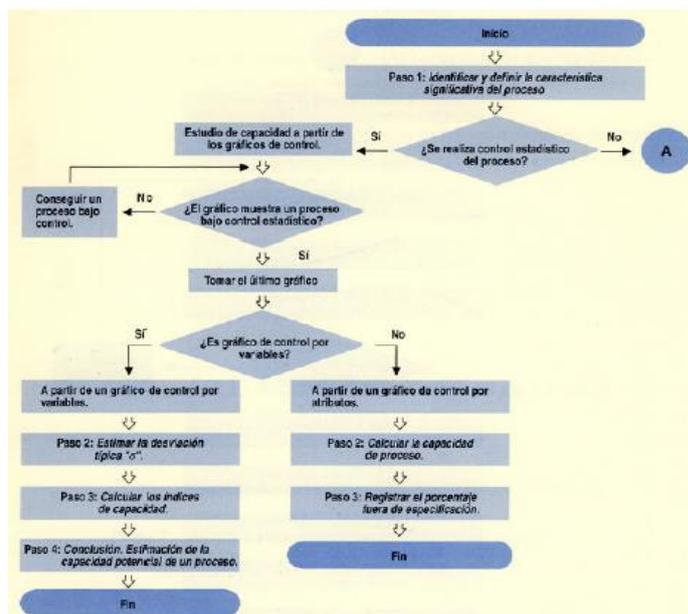
Orígenes.-

En las últimas décadas surgió el concepto de capacidad del proceso para brindar una predicción cuantificada de la adecuación del proceso con respecto a las especificaciones.

Proceso.- Se refiere a una combinación única de maquinaria, herramienta, método, materiales y gente comprometida en una producción.

Capacidad.- se refiere a la habilidad, basada en el desempeño probado, para alcanzar resultados que se puedan medir.

Figura 4.- Metodología de la capacidad de un proceso.



CAPITULO III. METODOS Y MATERIALES

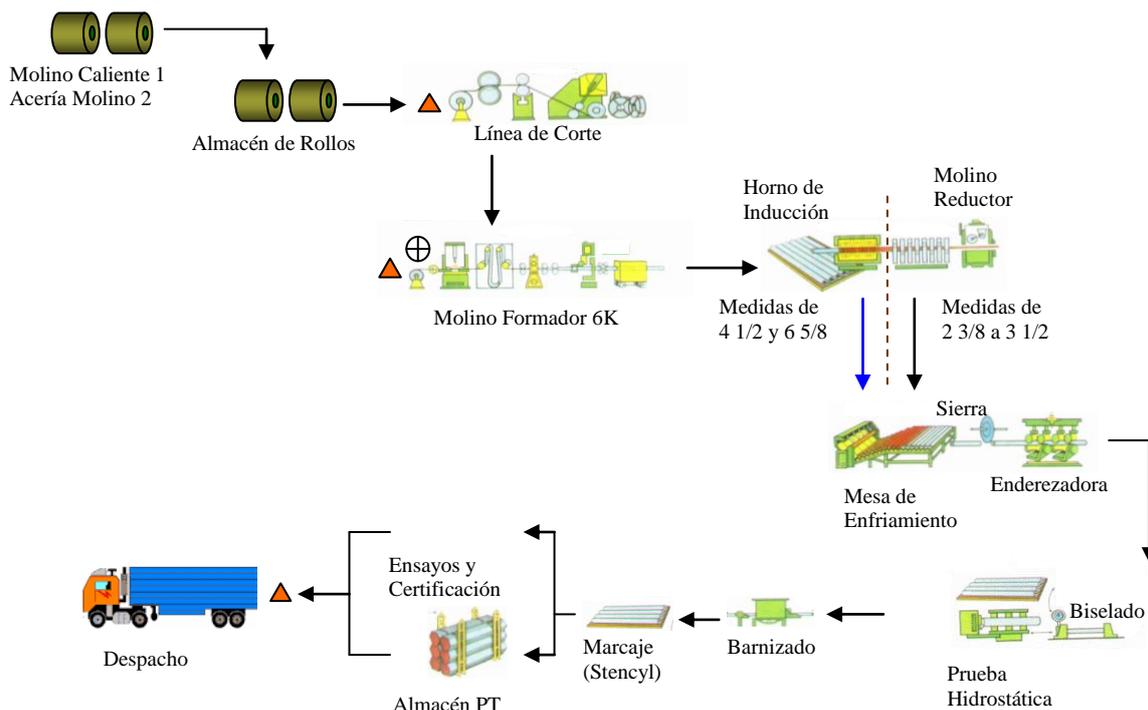
3.1 METODO DE INVESTIGACION.-

Debido a que analizaremos la variable crítica "Temperatura" para obtener los resultados de la variabilidad en las especificaciones del producto se utilizara la información citada a continuación.-

En esta empresa Acerera la fabricación de tubería AP1-5L depende de los pedidos que haya en la planta diariamente.

El Molino reductor como se muestra en el diagrama de flujo no fabrica los tubos sino que ya fabricado solo lo reduce y estira para darle la forma que el cliente necesita.

Figura 5.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE TUBERIA AP1-5L



Los tubos AP1-5L de 4½ " de longitud se procesan por minuto; por lo que se producen 60 tubos por hora aproximadamente.

Se trabajan turnos de 8 horas (3 turnos), menos media hora de comida cada turno, por lo que se seleccionara el turno de la mañana (7am A 4 pm) para hacer el análisis y las pruebas correspondientes para dicha investigación.

3.2 SELECCION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.-

El análisis se hará tomando en cuenta durante el primer turno de 8 horas seleccionando 16 muestras de tamaño 5; es decir cada media hora se seleccionaran 5 tubos y estos nos darán como resultado 80 lecturas de temperatura.

3.3 LOCALIZACION DE LA ZONA DE MUESTREO

Monterrey, N.L.

Figura 6.-





3.4 HIPOTESIS

Comprobar que la variable crítica "Temperatura" es la que causa la variabilidad en las propiedades mecánicas de la tubería AP1-5L.

3.5 DESCRIPCION DEL METODO DE MUESTREO

El muestreo se hará tomando la temperatura de cada uno de los tubos por minuto como se mencionó en el capítulo 3.2 a través de un Pirómetro y Graficador Mca Mitutoyo y se aplicaran técnicas de estadística para el análisis de los datos.

3.6 DESCRIPCION DE LOS METODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.6.1 Selección de la variable crítica

Temperatura A la cual se calienta la Tubería en Grados Centígrados

3.6.2 Técnicas estadísticas

Prueba de Normalidad

Gráficos de Control

Capacidad del Proceso



El procedimiento que se llevara a cabo para hacer los cálculos y los análisis es el siguiente.-

3.6.3 Procedimiento para Prueba de Normalidad y Gráficos de Control.

Paso 1: Establecer los objetivos del control estadístico del proceso

La finalidad es establecer claramente qué se desea conseguir con el mismo; y como se menciono' anteriormente buscamos evitar el rechazo y los reclamos de producto (tubería) por parte de los clientes.

Paso 2: Identificar la variable o variables a controlar

Es necesario determinar qué variable o variables del producto/servicio o proceso se van a medir para conseguir satisfacer las necesidades de información establecidas en el paso anterior.

En este paso queda claro que la variable crítica a atacar es la TEMPERATURA.

Paso 3: Determinar el tipo de Gráfico de Control que es conveniente utilizar

En esta investigación analizaremos el TIPO DE GRAFICO X-S, el cual consta de los siguientes puntos a tomar en cuenta:

Gráficos de Control " \bar{x} , s "

Constan de dos gráficos, uno para el control de las medidas de tendencia central (media \bar{x}) y otro para el control de la variabilidad.

- Utilizan la desviación típica (s) como medida de la variabilidad del proceso.
- Mayor dificultad de cálculo.
- Mejor indicador estadístico de variabilidad.
- Válido para cualquier tamaño de muestra.



Paso 4: Recoger los datos según el plan establecido

Las unidades de cada muestra serán recogidas de forma consecutiva para que ésta sea homogénea y representativa del momento de la toma de datos. Se

indicarán en las hojas de recogida de datos todas las informaciones y circunstancias que sean relevantes en la toma de los mismos.

Paso 5: Calcular la media (\bar{X}) y la desviación típica (s) para cada muestra

Cálculo de la media:

$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$$

x_i = valor de la característica medida

n = tamaño de la muestra

Cálculo de la desviación típica:

$$s = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}, \text{ o bien } s = \sqrt{(\sum x_i^2 - n\bar{x}^2) / (n-1)}$$

Paso 6: Calcular los Límites de Control para cada uno de los gráficos

1.- Para el Gráfico " \bar{X} "

a) Calcular la media (\bar{X}) de los valores medios de las muestras (\bar{x}_i)

$$\bar{\bar{X}} = (\bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_N) / N$$

\bar{x}_i = media obtenida para la muestra i

N = número de muestras

b) Calcular la desviación típica media (s)

$$s = (s_1 + \dots + s_N) / N$$



si = desviación típica de la muestra i

N = número de muestras

c) Calcular el Límite de Control Superior y el Límite de Control Inferior.

x LCS = X + A3 s

x LCI = X - A3 s

El valor A3 se obtiene de la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 3.- Tabla de constantes para gráficas X-S

Número de unidades de la muestra n	Constantes		
	A ₃	B ₃	B ₄
2	2,66	0	3,27
3	1,95	0	2,57
4	1,63	0	2,27
5	1,43	0	2,09
6	1,29	0,03	1,97
7	1,18	0,12	1,88
8	1,10	0,19	1,82
9	1,03	0,24	1,76
10	0,98	0,28	1,72
11	0,93	0,32	1,68
12	0,89	0,35	1,65
13	0,85	0,38	1,62
14	0,82	0,41	1,59
15	0,79	0,43	1,57
16	0,76	0,45	1,55
17	0,74	0,47	1,53
18	0,72	0,48	1,52
19	0,70	0,50	1,50
20	0,68	0,51	1,48



2.- Para el Gráfico "s"

a) Calcular el Límite de Control Superior y el Límite de Control Inferior.

$$LCIS = B3 \bar{s}$$

El valor de B4 y B3 se obtiene de la tabla que figura en la tabla de constantes.

Ver Tabla 1

El valor de B3 para tamaños de muestra menores o iguales a 5 es cero, eso implica que el Límite de Control Inferior es cero.

Paso 7: Representar en el gráfico la Línea Central y los Límites de Control

Paso 8: Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control "X,S"

Se comprobará que:

- Todas las medias de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico "X" están dentro de sus Límites de Control.

$$LCI_{\bar{X}} < \bar{X}_i < LCS_{\bar{X}}$$

- Todos los recorridos de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico "S" están dentro de sus Límites de Control.

$$LCIS < Si < LCSS$$

Si alguna de estas dos condiciones no se cumple para alguna de las muestras, esta deberá ser desechada para el cálculo de los Límites de Control. Se repetirán todos los cálculos realizados hasta el momento sin tener en cuenta la muestra o muestras anteriormente señaladas.



Este proceso se repetirá hasta que todas las muestras utilizadas para el cálculo de los Límites de Control muestren un proceso dentro de control. Los Límites, finalmente así obtenidos, son los definitivos que se utilizarán para la construcción de los Gráficos de Control.

3.6.4 Procedimiento para la Capacidad de Proceso.-

Una vez analizados los gráficos de control y obteniendo todo bajo control se continua con el calculo de la **CAPACIDAD DE PROCESO.**

El estudio de capacidad del proceso es una herramienta fundamental para el control y la planificación de la calidad. En el presente capítulo se definirán las reglas básicas a seguir para la realización y la interpretación de un estudio de Capacidad Potencial de Calidad de un Proceso, y resaltar las situaciones en que puede o debe ser realizado.

Índices de Capacidad a partir de Gráficas de Control

Los Estudios de Capacidad realizados bajo estas condiciones presentan las siguientes ventajas:

- Es un proceso bajo control estadístico, lo que significa que no existen causas especiales de variación actuando sobre el.
- El Estudio corresponde a la variabilidad global de dicho proceso, es decir, están incluidos parámetros como cambios de turno, diferentes lotes de materia prima, etc.



Nota: Es condición necesaria, para realizar el estudio de Capacidad de Proceso a partir de los Gráficos de Control, que el proceso se encuentre bajo control estadístico.

* Estudios de capacidad a partir de los Gráficos de Control por Variables

Paso 1: Identificar y definir la característica significativa del proceso

Para hablar de Capacidad de Proceso es necesario hablar de capacidad respecto a una variable o característica del mismo. Generalmente, esta característica se evalúa a partir de la medición de una variable del producto/servicio resultado del proceso, la cual deberá ser específica y claramente definida. La variable medida para el Gráfico de Control ha de coincidir con la definida en este paso.

Tabla 4.- Tabla de constantes para gráficos de control.

Tabla C Factores para estimar σ a partir de \bar{R} , s ó σ_{RMS} y σ_R a partir de \bar{R}				
Número de observaciones en subgrupo n	Factor d_2	Factor d_3	Factor c_2	Factor c_4
2	1.128	0.8525	0.5642	0.7979
3	1.693	0.8884	0.7236	0.8862
4	2.059	0.8798	0.7979	0.9213
5	2.326	0.8641	0.8407	0.94
6	2.534	0.848	0.8686	0.9515
7	2.704	0.8332	0.8882	0.9594
8	2.847	0.8198	0.9027	0.965
9	2.97	0.8078	0.9139	0.9693
10	3.078	0.7971	0.9227	0.9727
11	3.173	0.7873	0.93	0.9754
12	3.258	0.7785	0.9359	0.9776
13	3.336	0.7704	0.941	0.9794
14	3.407	0.763	0.9453	0.981
15	3.472	0.7562	0.949	0.9823
16	3.532	0.7499	0.9523	0.9835
17	3.588	0.7441	0.9551	0.9845
18	3.64	0.7386	0.9576	0.9854
19	3.689	0.7335	0.9599	0.9862
20	3.735	0.7287	0.9619	0.9869
21	3.778	0.7242	0.9638	0.9876
22	3.819	0.7199	0.9655	0.9882



Paso 2: Estimar la desviación típica "s"

Para estimar la desviación típica "s" de los valores resultado del proceso, se utilizará la siguiente fórmula (dependiendo del tipo de gráfico utilizado):

- Gráfico \bar{X} , s:
$$\sigma = \frac{\bar{s}}{c_2}$$

d2 y c2 son constantes que dependen del tamaño de la muestra. Los valores correspondientes a las mismas figuran en la tabla 5.

R ó s son valores calculados previamente en la elaboración de los Gráficos de Control por Variables respectivos.

Paso 3: Calcular los Índices de Capacidad de Proceso "Cp" y "Cpk"

Para calcular Cp, aplicar:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma}$$

Para calcular Cpk, aplicar:

$$t_1 = \frac{\bar{X} - LEI}{\sigma}$$
$$t_2 = \frac{LES - \bar{X}}{\sigma}$$

Cpk se obtendrá a partir del menor valor de t1 ó t2, calculando entonces,

$$C_{pk} = \frac{t_{min}}{3}$$



El Cp nos dice si el proceso tiene capacidad para cumplir con las especificaciones; por lo que si el $CP > 1$ ($Cp = 2.20$) el proceso tiene mas capacidad potencial de lo que piden las especificaciones.

Paso 4: Conclusión. Estimación de la Capacidad Potencial de un Proceso

Es necesario comparar los Índices de Capacidad obtenidos con los valores límite establecido anteriormente para concluir si el proceso es o no capaz, y si el resultado del proceso estará dentro de especificación o no, ya que, aunque un proceso sea capaz de cumplir con unas especificaciones no implica, necesariamente, que el resultado de dicho proceso las cumpla. Pueden presentarse los siguientes casos:

a) Proceso capaz y dentro de especificación

Esta situación se da cuando se satisfacen las condiciones establecidas para Cp y Cpk:

$$Cp \geq 1,33 \text{ y } Cpk \geq 1,33$$

El proceso es capaz de satisfacer la tolerancia especificada y además, el resultado del mismo, estará dentro de los límites de especificación.

b) Proceso capaz, pero descentrado

Esta situación se da cuando Cp satisface la condición establecida y Cpk la Incumple:

$$Cp \geq 1,33 \text{ y } Cpk < 1,33$$

El proceso es capaz de ajustarse a la tolerancia especificada pero su resultado dará un porcentaje fuera de especificación.



c) Proceso no capaz

Esta situación se da cuando C_p incumple la condición establecida:

$$C_p < 1,33$$

El proceso no es capaz de cumplir con la tolerancia especificada por lo que deberán estudiarse posibilidades de cambio en el diseño del proceso o del producto.

Estimación del porcentaje de población, fuera de especificaciones:

En los casos b) y c), se estimará el porcentaje de población que, como resultado del proceso, estará fuera de los límites de especificación.

La forma de obtener los porcentajes fuera de especificación es:

- *Por el Límite de Especificación Inferior, LEI, obtener P_i .*

Buscar en la columna $|z|$ de la tabla, el área de la curva normal correspondiente al valor absoluto de Z_i (calculado en el paso 4).

- *Por el Límite de Especificación Superior, LES, obtener P_s .*

Buscar, en la columna $|Z|$ de la tabla, el área bajo la curva normal correspondiente al valor absoluto de Z_s (calculado en el paso 4).

Nota: En el caso de que Z_i o Z_s sean valores negativos, se buscará su valor absoluto en la tabla de la forma mencionada anteriormente. Para hallar el porcentaje fuera de especificación, se restará de 1 el porcentaje encontrado en la tabla. La suma de ambos porcentajes así obtenidos ($P_i + P_s$), es la parte de la población que, se estima, estará fuera de especificaciones.



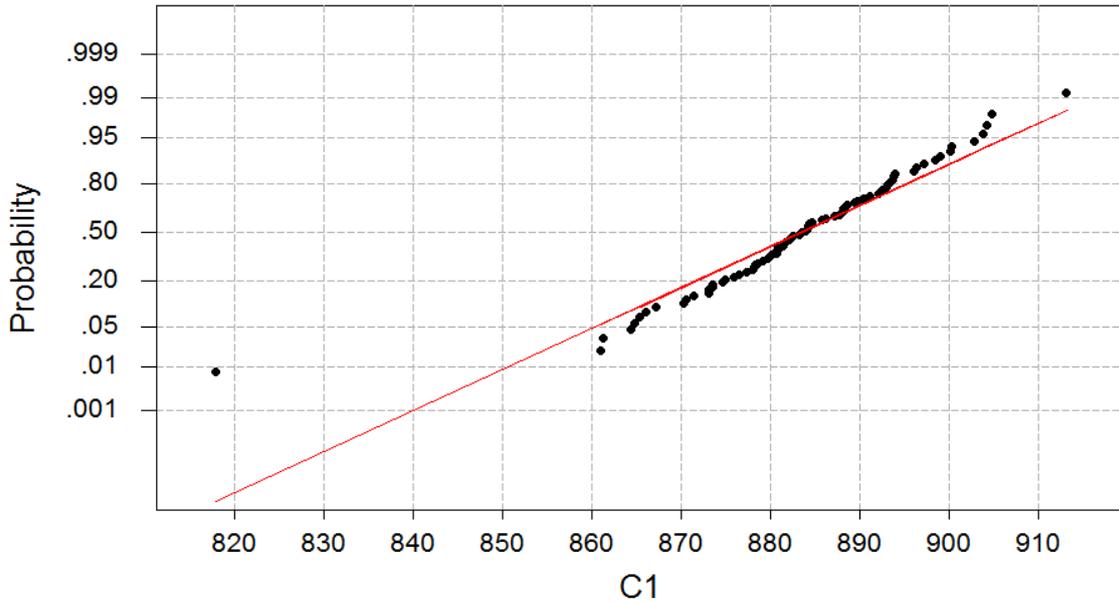
CAPITULO IV RESULTADOS

DATOS:

HORAS	TUBOS	TEMPERATURA (GRADOS)	HORAS	TUBOS	TEMPERATURA (GRADOS)
1	1	879.19	5	41	878.26
	2	881.55		42	884.17
	3	880.07		43	864.81
	4	903.84		44	881.38
	5	877.24		45	870.53
	6	878.05		46	888.26
	7	893.40		47	892.89
	8	884.68		48	880.79
	9	902.85		49	887.69
	10	896.39		50	883.27
2	11	889.42	6	51	880.72
	12	888.19		52	885.83
	13	898.47		53	892.57
	14	865.39		54	893.88
	15	883.94		55	882.47
	16	873.51		56	870.21
	17	861.26		57	887.95
	18	891.16		58	887.15
	19	889.70		59	904.17
	20	864.37		60	817.90
3	21	900.23	7	61	866.05
	22	892.15		62	900.20
	23	890.48		63	899.06
	24	893.16		64	875.86
	25	873.47		65	878.10
	26	873.06		66	896.07
	27	871.37		67	881.67
	28	874.94		68	883.47
	29	880.66		69	904.72
	30	882.16		70	913.13
4	31	879.83	8	71	880.83
	32	893.74		72	879.71
	33	876.40		73	888.64
	34	888.14		74	867.14
	35	873.03		75	882.24
	36	860.91		76	892.28
	37	878.51		77	886.20
	38	874.57		78	884.00
	39	884.28		79	884.31
	40	893.68		80	897.16



4.1 PRUEBA DE NORMALIDAD



Average: 883.415
StDev: 13.1210
N: 80

Anderson-Darling Normality Test
A-Squared: 0.806
P-Value: 0.035

INTERPRETACION:

La mayoría de los datos se encuentran muy cerca de la recta por lo que se consideran datos normales.



4.1.1 CALCULO DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR

MUESTRA	1	2	3	4	5	X TESTADA	S TESTADA
1	879.19	881.55	880.07	903.84	877.24	884.38	10.99
2	878.05	893.40	884.68	902.85	896.39	891.07	9.78
3	889.42	888.19	898.47	865.39	883.94	885.08	12.21
4	873.51	861.26	891.16	889.70	864.37	876.00	13.93
5	900.23	892.15	890.48	893.16	873.47	889.90	9.91
6	873.06	871.37	874.94	880.66	882.16	876.44	4.74
7	879.83	893.74	876.40	888.14	873.03	882.23	8.54
8	860.91	878.51	874.57	884.28	893.68	878.39	12.13
9	878.26	884.17	864.81	881.38	870.53	875.83	8.00
10	888.26	892.89	880.79	887.69	883.27	886.58	4.70
11	880.72	885.83	892.57	893.88	882.47	887.09	5.91
12	870.21	887.95	887.15	904.17	817.90	873.48	33.31
13	866.05	900.20	899.06	875.86	878.10	883.85	15.10
14	896.07	881.67	883.47	904.72	913.13	895.81	13.52
15	880.83	879.71	888.64	867.14	882.24	879.71	7.83
16	892.28	886.20	884.00	884.31	897.16	888.79	5.75



4.2 GRAFICOS DE CONTROL

4.2.1 CALCULOS DE LÍMITES DE CONTROL PARA EL GRAFICO X.-

MUESTRA	1	2	3	4	5	X TESTADA	S TESTADA	LCX	LCSX	LCIX
1	879.19	881.55	880.07	903.84	877.24	884.38	10.99	883.41	899.18	867.65
2	878.05	893.40	884.68	902.85	896.39	891.07	9.78	883.41	899.18	867.65
3	889.42	888.19	898.47	865.39	883.94	885.08	12.21	883.41	899.18	867.65
4	873.51	861.26	891.16	889.70	864.37	876.00	13.93	883.41	899.18	867.65
5	900.23	892.15	890.48	893.16	873.47	889.90	9.91	883.41	899.18	867.65
6	873.06	871.37	874.94	880.66	882.16	876.44	4.74	883.41	899.18	867.65
7	879.83	893.74	876.40	888.14	873.03	882.23	8.54	883.41	899.18	867.65
8	860.91	878.51	874.57	884.28	893.68	878.39	12.13	883.41	899.18	867.65
9	878.26	884.17	864.81	881.38	870.53	875.83	8.00	883.41	899.18	867.65
10	888.26	892.89	880.79	887.69	883.27	886.58	4.70	883.41	899.18	867.65
11	880.72	885.83	892.57	893.88	882.47	887.09	5.91	883.41	899.18	867.65
12	870.21	887.95	887.15	904.17	817.90	873.48	33.31	883.41	899.18	867.65
13	866.05	900.20	899.06	875.86	878.10	883.85	15.10	883.41	899.18	867.65
14	896.07	881.67	883.47	904.72	913.13	895.81	13.52	883.41	899.18	867.65
15	880.83	879.71	888.64	867.14	882.24	879.71	7.83	883.41	899.18	867.65
16	892.28	886.20	884.00	884.31	897.16	888.79	5.75	883.41	899.18	867.65

XTESTADA STESTADA
883.41 11.02

LCX= X

LCX= 883.41

LCSX= X + A3S

Donde A3 = 1.43 para n=5

LCSX= 899.18

LCIX= X - A3S

LCIX= 867.65



4.2.2 CALCULOS DE LÍMITES DE CONTROL PARA EL GRAFICO S.-

MUESTRA	1	2	3	4	5	X TESTADA	S TESTADA	LCS	LCSS	LCIS
1	879.19	881.55	880.07	903.84	877.24	884.38	10.99	11.02	23.04	0.00
2	878.05	893.40	884.68	902.85	896.39	891.07	9.78	11.02	23.04	0.00
3	889.42	888.19	898.47	865.39	883.94	885.08	12.21	11.02	23.04	0.00
4	873.51	861.26	891.16	889.70	864.37	876.00	13.93	11.02	23.04	0.00
5	900.23	892.15	890.48	893.16	873.47	889.90	9.91	11.02	23.04	0.00
6	873.06	871.37	874.94	880.66	882.16	876.44	4.74	11.02	23.04	0.00
7	879.83	893.74	876.40	888.14	873.03	882.23	8.54	11.02	23.04	0.00
8	860.91	878.51	874.57	884.28	893.68	878.39	12.13	11.02	23.04	0.00
9	878.26	884.17	864.81	881.38	870.53	875.83	8.00	11.02	23.04	0.00
10	888.26	892.89	880.79	887.69	883.27	886.58	4.70	11.02	23.04	0.00
11	880.72	885.83	892.57	893.88	882.47	887.09	5.91	11.02	23.04	0.00
12	870.21	887.95	887.15	904.17	817.90	873.48	33.31	11.02	23.04	0.00
13	866.05	900.20	899.06	875.86	878.10	883.85	15.10	11.02	23.04	0.00
14	896.07	881.67	883.47	904.72	913.13	895.81	13.52	11.02	23.04	0.00
15	880.83	879.71	888.64	867.14	882.24	879.71	7.83	11.02	23.04	0.00
16	892.28	886.20	884.00	884.31	897.16	888.79	5.75	11.02	23.04	0.00

XTESTADA 883.41
 STESTADA 11.02

LCS= S

LCS= 11.02

LCSX= B4S Donde B4 para n=5 es 2.09

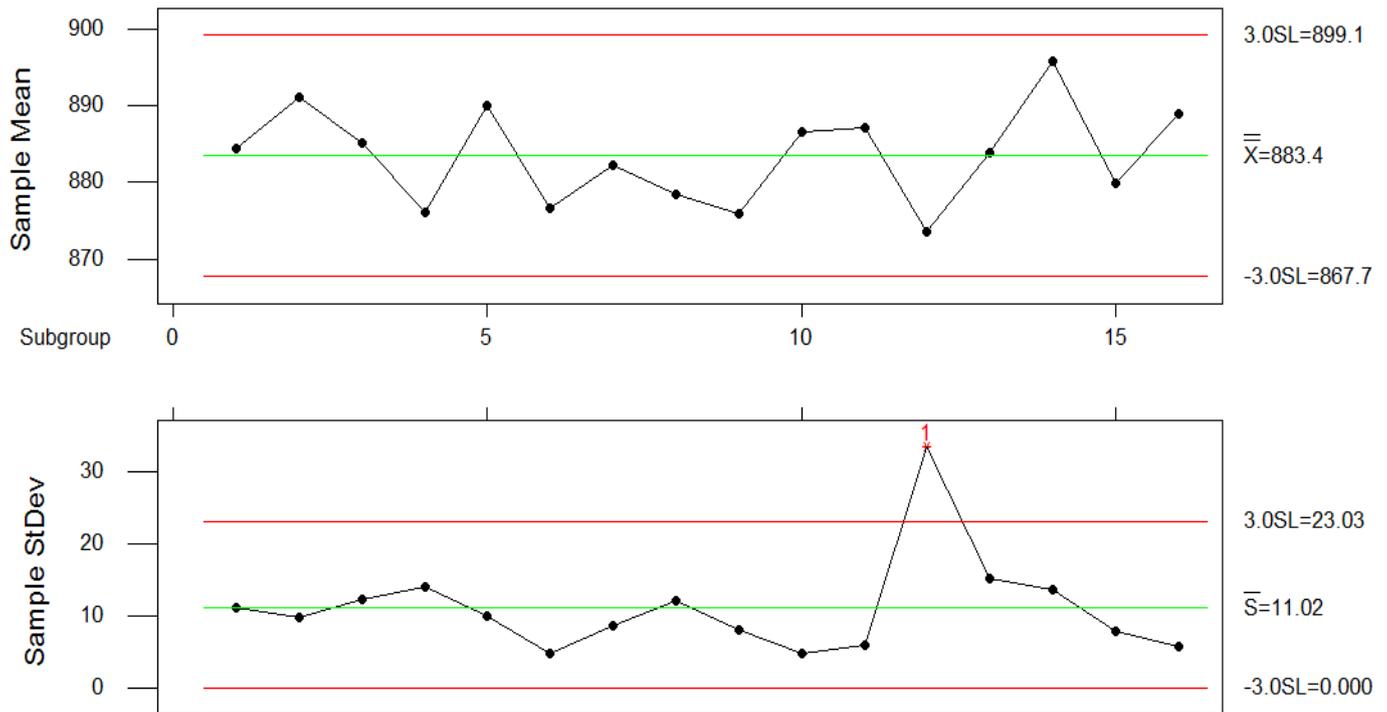
LCSS= 23.04

LCIS= B3S Donde B3 para n<=5 es cero

LCIS= 0.00

4.2.3 REPRESENTACION GRAFICA X-S

GRAFICO X-S



INTERPRETACION DEL GRAFICO.-

En el grafico anterior "X" se observa que todos los datos están bajo control estadístico apreciando que hay variabilidad en las temperaturas pero sin salirse de control.

En el grafico anterior "S" se observa que esta un punto fuera de control estadístico y la causa es porque en este proceso no existe una limitante de que en el momento de que el pirómetro mide la temperatura se detenga cuando no hay tubo; es por eso por lo que se procede al siguiente paso de recalculer los gráficos de control omitiendo este punto fuera.



4.2.4 CALCULOS DE GRAFICOS DE CONTROL OMITIENDO DATOS ATIPICOS

Recalculando el Grafico X-R omitiendo el punto fuera de control.-

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	X TESTADA	S TESTADA	LCX	LCSX	LCIX
1	499.97	500.02	499.96	500.00	499.96	500.06	499.99	499.98	500.02	499.95	499.99	0.03	596.74	652.66	540.83
2	499.97	500.03	500.01	500.07	500.05	500.08	500.06	499.99	500.01	499.99	500.03	0.04	596.74	652.66	540.83
3	499.96	499.99	500.01	499.96	499.95	500.00	499.96	499.99	500.00	499.95	499.98	0.02	596.74	652.66	540.83
4	500.05	500.00	499.94	499.98	499.92	499.98	499.87	500.09	499.96	499.90	499.97	0.07	596.74	652.66	540.83
5	499.90	500.03	499.97	499.96	499.96	499.98	585.61	938.43	916.18	1005.87	644.59	215.92	596.74	652.66	540.83
6	499.98	500.01	649.59	881.37	834.13	843.97	783.10	545.37	725.69	823.08	708.63	149.09	596.74	652.66	540.83
7	500.18	499.98	500.02	499.97	500.01	499.93	500.02	499.97	499.97	499.96	500.00	0.07	596.74	652.66	540.83
8	675.86	668.18	691.89	635.91	686.27	500.00	532.61	793.98	839.62	849.42	687.37	116.92	596.74	652.66	540.83
9	839.38	835.89	782.93	778.32	786.16	825.91	869.25	763.18	830.80	805.07	811.69	33.70	596.74	652.66	540.83
10	803.77	705.91	528.77	745.84	835.53	659.43	500.12	500.12	499.86	499.93	627.93	137.55	596.74	652.66	540.83
11	685.38	622.30	735.47	499.93	499.92	708.96	810.48	694.67	499.97	500.05	625.71	117.70	596.74	652.66	540.83
12	546.66	674.23	500.02	626.28	766.56	797.84	646.71	536.87	792.80	808.93	669.69	117.54	596.74	652.66	540.83
13	751.94	745.27	755.35	767.12	785.04	743.42	783.58	779.36	818.76	793.70	772.35	24.15	596.74	652.66	540.83
14	499.95	499.93	500.01	499.96	499.98	499.99	499.98	499.98	499.97	500.00	499.98	0.02	596.74	652.66	540.83
15	499.94	500.01	500.01	499.98	499.98	499.98	499.98	499.99	500.03	500.05	500.00	0.03	596.74	652.66	540.83
16	500.03	500.11	499.96	500.05	499.95	500.02	499.98	499.98	499.94	499.91	499.99	0.06	596.74	652.66	540.83

MUESTRA	1	2	3	4	5	X TESTADA	S TESTADA	LCX	LCSX	LCIX
1	879.19	881.55	880.07	903.84	877.24	884.38	10.99	884.08	897.71	870.44
2	878.05	893.40	884.68	902.85	896.39	891.07	9.78	884.08	897.71	870.44
3	889.42	888.19	898.47	865.39	883.94	885.08	12.21	884.08	897.71	870.44
4	873.51	861.26	891.16	889.70	864.37	876.00	13.93	884.08	897.71	870.44
5	900.23	892.15	890.48	893.16	873.47	889.90	9.91	884.08	897.71	870.44
6	873.06	871.37	874.94	880.66	882.16	876.44	4.74	884.08	897.71	870.44
7	879.83	893.74	876.40	888.14	873.03	882.23	8.54	884.08	897.71	870.44
8	860.91	878.51	874.57	884.28	893.68	878.39	12.13	884.08	897.71	870.44
9	878.26	884.17	864.81	881.38	870.53	875.83	8.00	884.08	897.71	870.44
10	888.26	892.89	880.79	887.69	883.27	886.58	4.70	884.08	897.71	870.44
11	880.72	885.83	892.57	893.88	882.47	887.09	5.91	884.08	897.71	870.44
13	866.05	900.20	899.06	875.86	878.10	883.85	15.10	884.08	897.71	870.44
14	896.07	881.67	883.47	904.72	913.13	895.81	13.52	884.08	897.71	870.44
15	880.83	879.71	888.64	867.14	882.24	879.71	7.83	884.08	897.71	870.44
16	892.28	886.20	884.00	884.31	897.16	888.79	5.75	884.08	897.71	870.44

XTESTADA 884.08
STESTADA 9.54

LCX= X

LCX= 884.08

LCSX= X + A3S

LCSX= 897.71

LCIX= X - A3S

LCIX= 870.44



Recalculando el Grafico X-S omitiendo el punto fuera de control.-

MUESTRA	1	2	3	4	5	X TESTADA	S TESTADA	LCS	LCSS	LCIS
1	879.19	881.55	880.07	903.84	877.24	884.38	10.99	11.02	23.04	0.00
2	878.05	893.40	884.68	902.85	896.39	891.07	9.78	11.02	23.04	0.00
3	889.42	888.19	898.47	865.39	883.94	885.08	12.21	11.02	23.04	0.00
4	873.51	861.26	891.16	889.70	864.37	876.00	13.93	11.02	23.04	0.00
5	900.23	892.15	890.48	893.16	873.47	889.90	9.91	11.02	23.04	0.00
6	873.06	871.37	874.94	880.66	882.16	876.44	4.74	11.02	23.04	0.00
7	879.83	893.74	876.40	888.14	873.03	882.23	8.54	11.02	23.04	0.00
8	860.91	878.51	874.57	884.28	893.68	878.39	12.13	11.02	23.04	0.00
9	878.26	884.17	864.81	881.38	870.53	875.83	8.00	11.02	23.04	0.00
10	888.26	892.89	880.79	887.69	883.27	886.58	4.70	11.02	23.04	0.00
11	880.72	885.83	892.57	893.88	882.47	887.09	5.91	11.02	23.04	0.00
12	870.21	887.95	887.15	904.17	817.90	873.48	33.31	11.02	23.04	0.00
13	866.05	900.20	899.06	875.86	878.10	883.85	15.10	11.02	23.04	0.00
14	896.07	881.67	883.47	904.72	913.13	895.81	13.52	11.02	23.04	0.00
15	880.83	879.71	888.64	867.14	882.24	879.71	7.83	11.02	23.04	0.00
16	892.28	886.20	884.00	884.31	897.16	888.79	5.75	11.02	23.04	0.00

fuera de control estadístico

MUESTRA	1	2	3	4	5	X TESTADA	S TESTADA	LCS	LCSS	LCIS
1	879.19	881.55	880.07	903.84	877.24	884.38	10.99	9.54	19.93	0.00
2	878.05	893.40	884.68	902.85	896.39	891.07	9.78	9.54	19.93	0.00
3	889.42	888.19	898.47	865.39	883.94	885.08	12.21	9.54	19.93	0.00
4	873.51	861.26	891.16	889.70	864.37	876.00	13.93	9.54	19.93	0.00
5	900.23	892.15	890.48	893.16	873.47	889.90	9.91	9.54	19.93	0.00
6	873.06	871.37	874.94	880.66	882.16	876.44	4.74	9.54	19.93	0.00
7	879.83	893.74	876.40	888.14	873.03	882.23	8.54	9.54	19.93	0.00
8	860.91	878.51	874.57	884.28	893.68	878.39	12.13	9.54	19.93	0.00
9	878.26	884.17	864.81	881.38	870.53	875.83	8.00	9.54	19.93	0.00
10	888.26	892.89	880.79	887.69	883.27	886.58	4.70	9.54	19.93	0.00
11	880.72	885.83	892.57	893.88	882.47	887.09	5.91	9.54	19.93	0.00
13	866.05	900.20	899.06	875.86	878.10	883.85	15.10	9.54	19.93	0.00
14	896.07	881.67	883.47	904.72	913.13	895.81	13.52	9.54	19.93	0.00
15	880.83	879.71	888.64	867.14	882.24	879.71	7.83	9.54	19.93	0.00
16	892.28	886.20	884.00	884.31	897.16	888.79	5.75	9.54	19.93	0.00

XTESTADA 884.08 S TESTADA 9.54

LCS= S

LCS= 9.54

LCSX= B4S

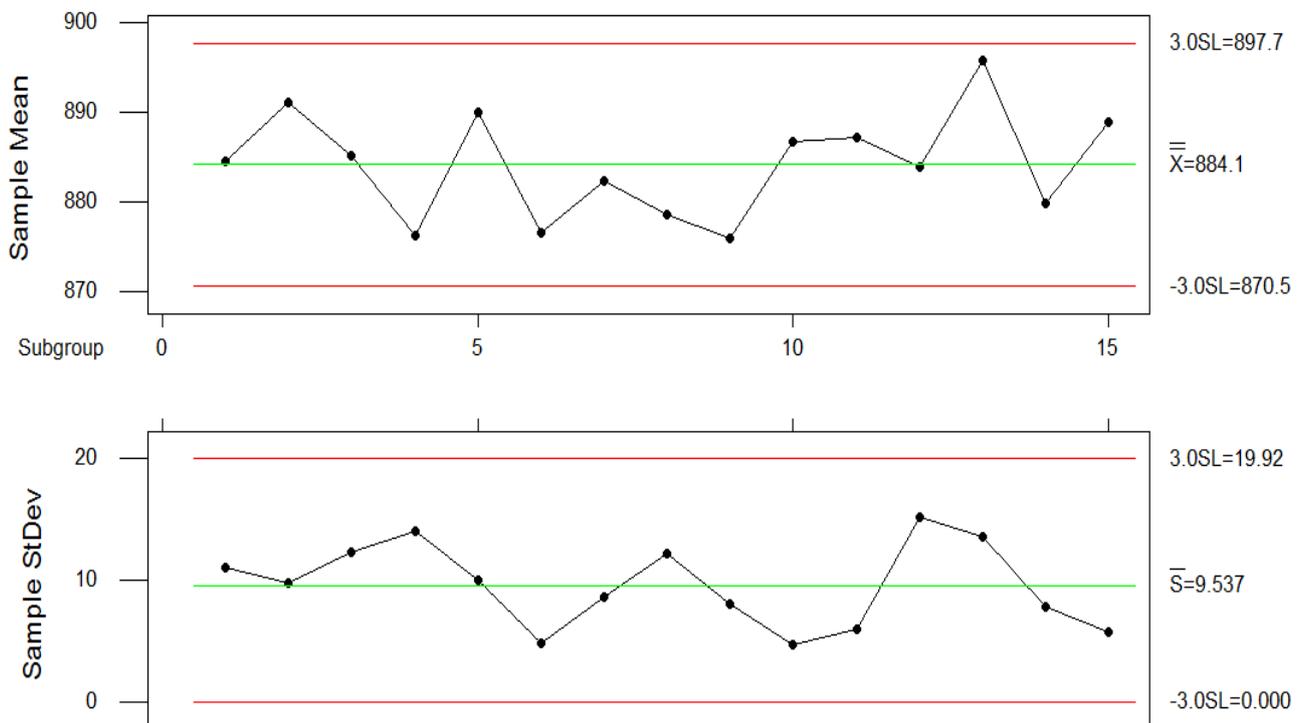
LCSS= 19.93

LCIS= B3S

LCIS= 0.00

Nuevo Grafico X-S

GRAFICO X-S RECALCULADO



INTERPRETACION DEL GRAFICO.-

En el grafico anterior "X" se observa que todos los datos están bajo control estadístico apreciando que hay variabilidad en las temperaturas pero sin salirse de control.

En el grafico anterior "S" se observa que ya tenemos todos los puntos dentro de control estadístico.



4.3 CALCULOS DE CAPACIDAD DE PROCESO.-

DATOS=

N=480

n= 5

$\bar{X} = 884.10$

$\hat{S} = 9.54$

LES= 900

LEI= 750

} Datos tomados de los resultados de los gráficos de control X-S.

} Datos tomados de acuerdo a la tabla 3 (Especificación de Temperatura).

$$\text{- Gráfico } \bar{X}, s: \sigma = \frac{\hat{S}}{c_2} = 9.54/0.8407 = \underline{11.35}$$

$$3\sigma = 3 (11.35) = 34.05$$

$$\begin{aligned} 3\sigma &= 3 (11.35) = \underline{34.05} \\ 3\sigma + \bar{X} &= 34.05 + 884.10 = \underline{918.15 \text{ LNS}} \\ \bar{X} - 3\sigma &= 884.10 - 34.05 = \underline{850.05 \text{ LNI}} \end{aligned}$$

Nota: El valor de \bar{X} se toma de los cálculos previos realizados para la construcción del Gráfico de Control

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} = \frac{900-750}{6(11.35)} = \underline{2.20}$$

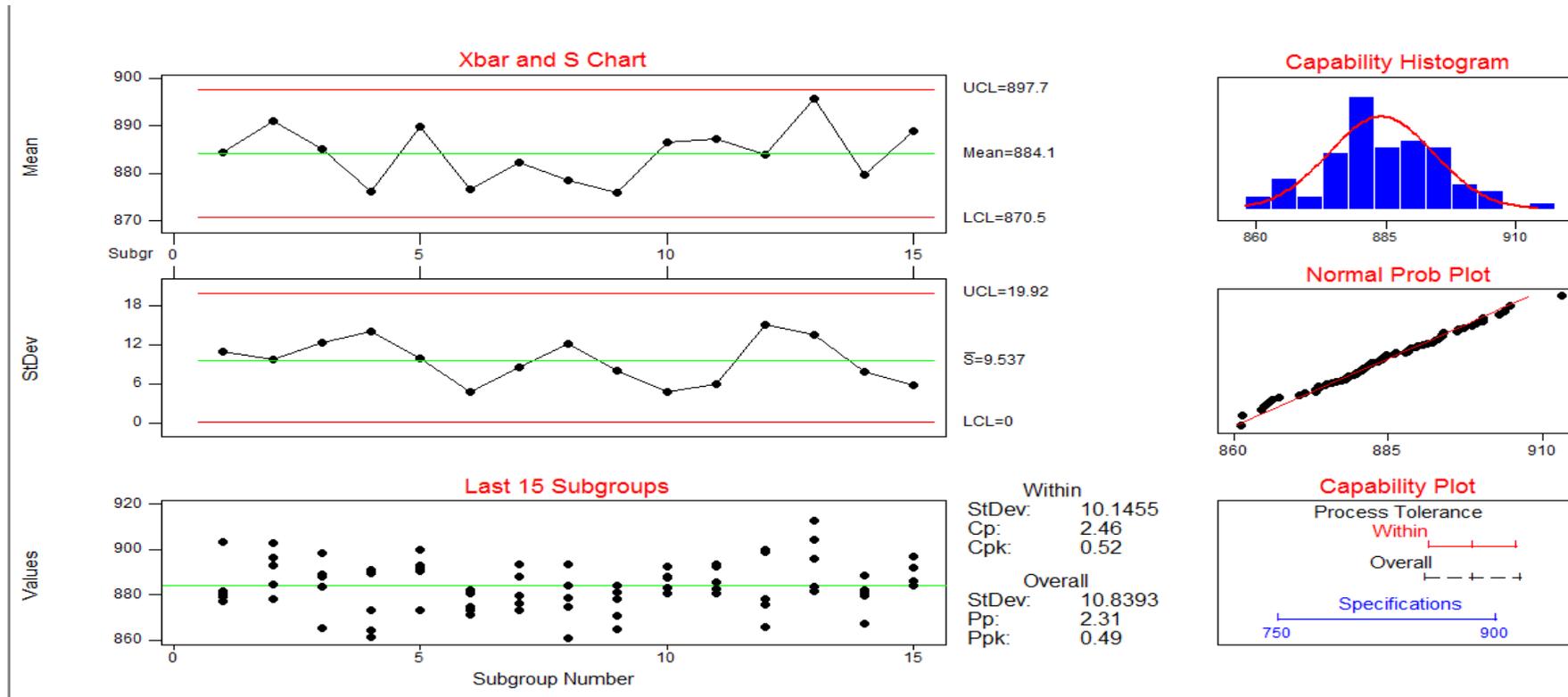
$$C_{pk} = \text{MIN} (C_{pl}, C_{pu}) = \underline{0.4669}$$

$$C_{pu} = \frac{LES - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{900 - 884.10}{3 (11.35)} = \underline{0.4669}$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LEI}{3\sigma} = \frac{884.10 - 750}{3 (11.35)} = \underline{3.9383}$$



4.3.1 REPRESENTACION GRAFICA DE LA CAPACIDAD DE PROCESO



INTERPRETACION DE CAPACIDAD DE PROCESO.-

El gráfico nos muestra que el proceso esta descentrado con respecto a los limites de especificación por lo que la estrategia seria centrar la media para que pueda cumplir con lo antes mencionado.



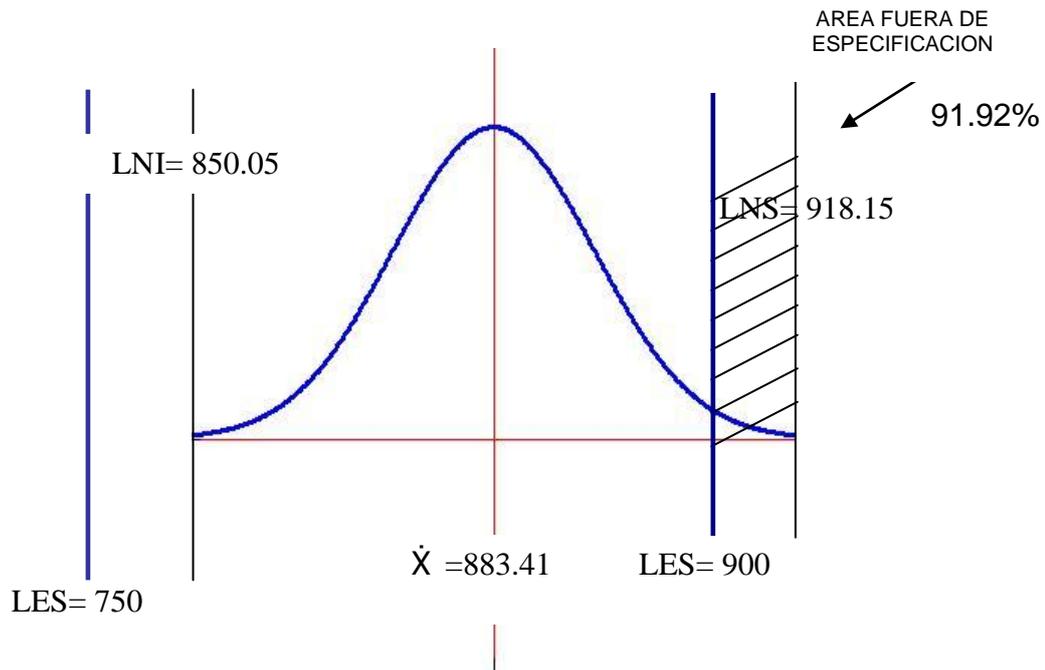
4.3.2 CALCULO DE AREA FUERA DE ESPECIFICACION.

$$Z_1 = \frac{LEI - \bar{X}}{\sigma} = \frac{750 - 884.10}{11.35} = -11.8149 = 0$$

$$Z_2 = \frac{LES - \bar{X}}{\sigma} = \frac{900 - 884.10}{11.35} = 1.40 = 0.0808 \text{ en tablas}$$

Por lo tanto es = $1 - 0.0808 = \underline{0.9192}$

Graficando los limites naturales para analizar el área fuera de especificación.-



CAPITULO V CONCLUSIONES

Se trabajó con las siguientes Mejoras para obtener menos variación en el proceso:

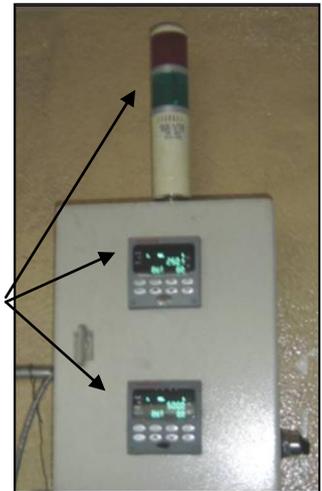
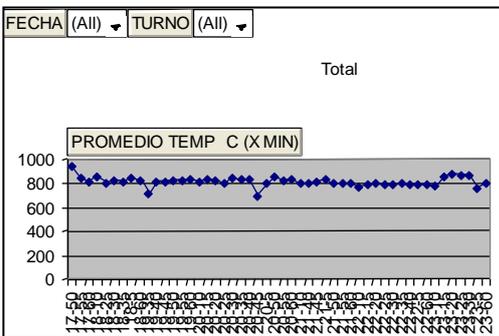


Se instala un nuevo Pirómetro a la salida del tubo para poder obtener una medición más exacta y constante del tubo





***Se instaló Graficador para la medición de Temperatura**



***Se instalaron controladores de indicación para cada pirómetro a su vez focos de alarma**

Las acciones de mejora ya fueron realizadas



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

BIBLIOGRAFIA

- Estadística Matemática con Aplicaciones ; Mendenhall, Scheafer, Wackerly ; 1986; Grupo Editorial Ibero América
- Probabilidad y Estadística para Ingenieros; Miller, Freund; 1986; Prentice Hall
- Material del curso de Control Estadístico Abril- Agosto 2008



ANEXOS

Anexo 1.- Reportes de reclamos de clientes.

Lineas	NroReclamo	Descripción del Pro	NombreCliente	NombreDefecto	Observaciones	Total_TnsReclamado
Mol Reductor						206.6410006
	105042	3.500 API X42 12.80 MTS				67.40700006
		CCTF STEEL				67.40700006
				Material Cedencia Baja		67.40700006
					Material Fuera de Propiedades Mecánicas	67.40700006
	106012	4.500 API X42 12.80 MTS				31.52200025
		Triple STEEL				31.52200025
				Material Resistencia a la Tensión Baja		31.52200025
					Material Fuera de Propiedades Mecánicas	31.52200025
	106032	4.500 API X52 12.80 MTS				107.7120003
		CCTF STEEL				107.7120003
				Material Resistencia a la Tensión Baja		107.7120003
					Material Fuera de Propiedades Mecánicas	107.7120003
Grand Total						206.6410006



Anexo 2.- Reportes de laboratorio de pruebas del producto.

Reporte de Laboratorio

Maquina	# Probeta	Tipo de probeta	Diámetro	Calibre	Norma	Grado	Colada	# Serie	Orden de Producción	Ancho (Cm)	Espesor (Cm)	Área (Cm)	Cedencia	Resistencia a la Tensión	Elongación (%)
													Lbs/Pulg ²	Lbs/Pulg ²	
MR	3435	T2	3 1/2	0.250	API	X42	25786	12715887	806027	2.58	0.465	1.1997	40000	62000	31.3
MR	3441	T2	4 1/2	0.188	API	X42	10628		806027	2.56	0.461	1.18016	45500	55000	30.9
MR	3442	T2	4 1/2	0.188	API	X52	10628		806027	2.55	0.461	1.17555	54918	63345	29.5



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Anexo 3.- Plantas a nivel Mundial.

