

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN SISTEMAS DE CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES DC DEL TREN DE LAMINACIÓN EN ANDEC”

### **EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

WELLINGTON DAVID CHICA CHIRIGUAYA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTO**

El presente proyecto lo dedico a DIOS por darme sabiduría por ayudarme a plasmar los conocimientos adquiridos en la realización de este proyecto.

A mis padres porque siempre estuvieron cuando los necesité, con consejos y las palabras exactas para no desistir en llegar a la meta.

A mi Hija preciosa que sin duda alguna es lo máspreciado en mi vida.

Al Ing. Antonio Martínez Duran por darme la oportunidad y la apertura para realizar el proyecto en la planta de laminación de ANDEC.

## DEDICATORIA

Dedicar mi trabajo primeramente a Dios porque ha sido un apoyo incondicional en el camino para llegar a obtener esta meta, después a mis padres Kleber y Luz que han sido un pilar fundamental en mi vida, siempre dándome aliento para seguir adelante, a mi hija Dafne que es el motivo por el cual lucho cada día, a mi hermana por su apoyo y a mi amada novia Kerly por su amor y respaldo en todo momento.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

**Mg. Alberto Larco Gómez**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC



---

**Dr. Wilton Agila Gálvez**

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"



Wellington David Chica Chiriguaya

## RESUMEN

En el proceso de laminación del acero, el correcto funcionamiento de los tiristores juega un papel importante para la regulación de velocidad del motor DC implementado, los mismos que por diferentes motivos dejan de funcionar correctamente, ocasionando tiempos de parada en la producción.

Analizar las gráficas obtenidas en el osciloscopio FLUKE 190 con el fin de determinar si la corriente DC, que alimenta la armadura del motor proveniente del convertidor trifásico tipo puente es la adecuada para generar el torque necesario que necesita la carga para ser laminada, además de realizar los mantenimientos preventivos en estos sistemas de control de velocidad al menos una vez a la semana, ya que actualmente se realizan mantenimientos correctivos cuando uno de estos refleja un daño durante el proceso, ocasionando tiempos de parada de producción.

Como resultado de los mantenimientos preventivos se obtiene un mejor funcionamiento del motor, señales puras de corrientes rectificadas hacia la armadura del motor, mayor protección a los tiristores y de conmutación garantizada por la red Snubber, aumento en la velocidad de producción, optimización de los tiempos del proceso de laminación y mayor confiabilidad en el control de velocidad del motor.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA .....	V
RESUMEN .....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
INTRODUCCIÓN .....	VIII
CAPÍTULO 1 .....	1
1 METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	1
1.1 Análisis del comportamiento del motor DC.....	4
1.1.1 Sistema de adquisición de datos de campo (FDA) .....	4
1.2 Análisis de los Tiristores Infineon controlados por fase .....	7
1.2.1 Osciloscopio FLUKE 190M-2 Serie II .....	7
1.3 Procedimiento .....	11
1.3.1 Diagrama Unifilar .....	11
1.3.2 Mediciones en los Tiristores Infineon T700N22TOF.....	12
1.3.3 HUNTRON TRACKER 2000.....	14
1.3.4 Encoder incremental.....	16
CAPÍTULO 2 .....	18
2. RESULTADOS OBTENIDOS .....	18
2.1 Configuración del Rectificador Controlado Tipo Puente .....	18
2.2 Oscilogramas Ánodo-Cátodo del tiristor infineon.....	24
CONCLUSIONES .....	26
RECOMENDACIONES .....	27
BIBLIOGRAFÍA .....	28
ANEXOS .....	29
ANEXO 1 . DIAGRAMA UNIFILAR ACOMETIDA-CONVERTIDOR .....	29
ANEXO 2 DIAGRAMA UNIFILAR DEL CONVERTIDOR-ARMADURA DEL MOTOR .....	30
ANEXO 3 DATA SHEET T700.....	31
ANEXO 4 DATA SHEET Osciloscopio Fluke 190 serie II.....	34
ANEXO 5 DATA SHEET Encoder Kubler .....	37
ANEXO 6 ESPECIFICACIONES HUNTRON TRACKER.....	38

## INTRODUCCIÓN

Acerías Nacionales del Ecuador (ANDEC S.A.) es una industria siderúrgica que produce y comercializa varillas de acero sismo-resistente, se encuentra dividida en dos grandes plantas que son acería y laminación, la división más importante de la empresa es la planta de laminación, donde las palanquillas de acero, producto de la primera etapa del proceso de producción (acería), son ingresadas al horno Brobu manteniendo una temperatura de 1200 grados para ser transferidas al tren continuo de laminación, donde existen 21 cajas que funcionan con el sistema de regulación de velocidad, logrando el moldeamiento de la palanquilla de acero para luego de esto pasar por un sistema de enfriamiento como etapa final del proceso.

Existen muchos problemas en las industrias siderúrgicas debido al ambiente en el que se desarrolla el proceso de acería y laminación del producto final, por lo tanto pensando en el ambiente abrasivo y de excesiva suciedad en que los equipos electrónicos y procesos automáticos están inmersos, este informe está dirigido hacia esa parte tan vulnerable, donde es necesario realizar los mantenimientos preventivos en la parte del control de velocidad y de excitación de armadura de los motores en las cajas de laminación.

Al Proyecto se lo ha estructurado en 2 capítulos como se lo detalla a continuación:

En el primer Capítulo se exponen los procedimientos y herramientas utilizadas para el análisis de la forma de onda de la corriente de armadura del motor.

En el segundo Capítulo se va a hacer referencia a los resultados obtenidos de los procedimientos aplicados para la resolución del problema latente en ANDEC

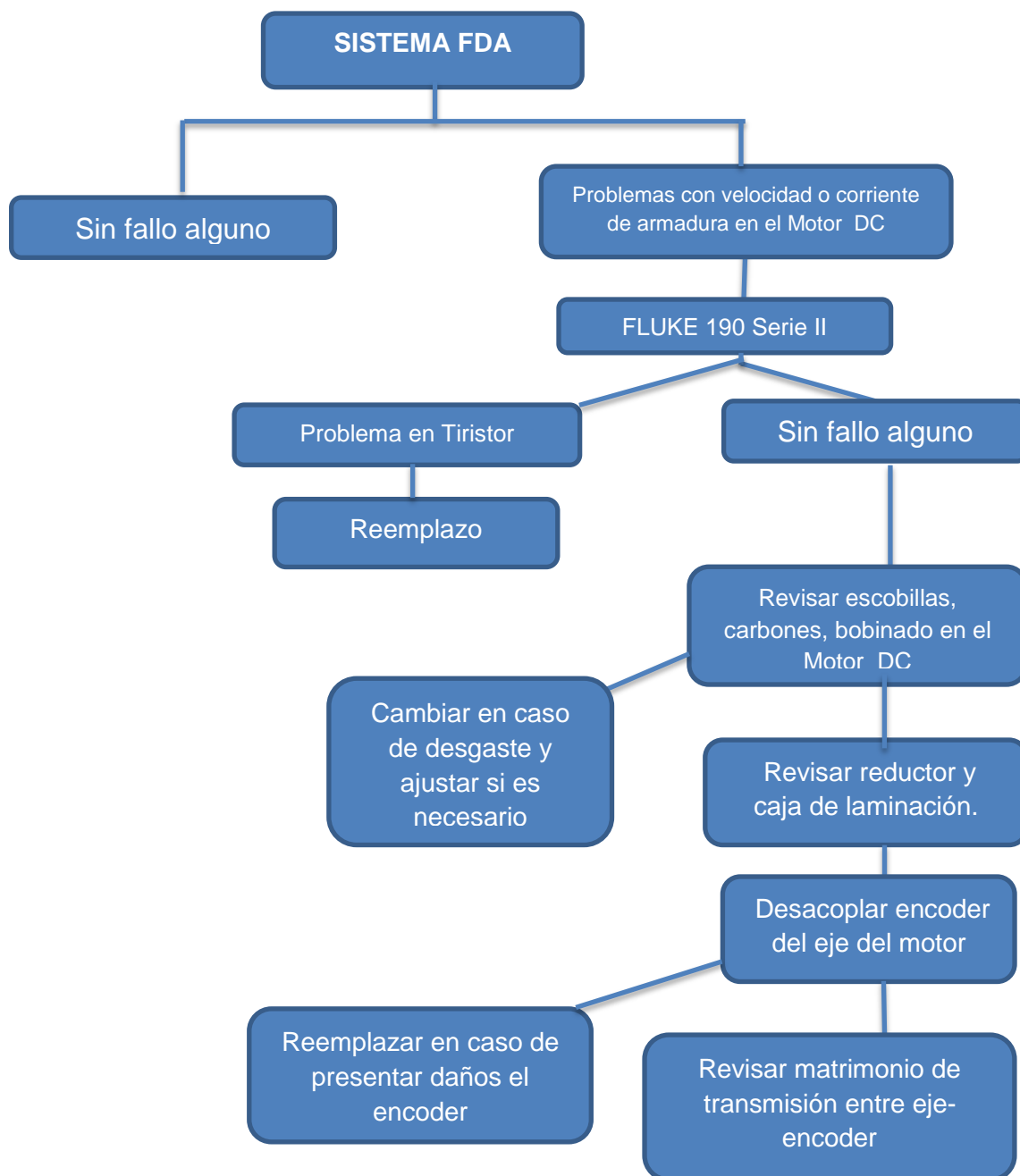


## **CAPÍTULO 1**

### **1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA**

Con el fin de optimizar el funcionamiento del motor DC, el mismo que es alimentado por la potencia transferida desde el convertidor trifásico, se analiza detalladamente los pasos a seguir para la detección de la falla en el módulo de control.

Se realiza la inspección del sistema de regulación de velocidad, corriente, voltaje de los motores en el sistema de adquisición de datos FDA [1], luego de esto al localizar una anomalía, se utiliza el analizador gráfico FLUKE 190 Serie II para verificar el correcto funcionamiento de los tiristores en cada uno de los tres ramales del convertidor AC/DC. Si existe falla en algún ramal que afecte la corriente de salida, se reemplaza el tiristor dañado, caso contrario se verifica el problema en el motor.



**Figura 1.1 Metodología a implementar**

Con el FDA en donde obtendremos el comportamiento del mismo durante el proceso de laminación, para luego comenzar con el análisis en el osciloscopio FLUKE 190 Serie II este será colocado en el convertidor trifásico mostrado en la figura 1.1 para realizar este análisis de la corriente de salida hacia la armadura es necesario utilizar las sondas iFlex para medición de corriente del FLUKE 190.



**Figura 1.1 Convertidor trifásico tipo puente**

Este convertidor está constituido por las siguientes partes:

- Acometida trifásica de 500 VAC
- Seis Fusibles Bussman de 1000 A – 700 VAC

- Dos transformadores de corriente en línea trifásica
- Red Snubber RC
- Doce tiristores para la rectificación de la corriente hacia la armadura
- Barra de Salida DC hacia la armadura del motor.

<b>Tabla 1.1 Elementos en el convertidor AC/DC</b>	
SCR	Juego de doce SCR. 02072 Marca: Infineon Clase: T700N22TOF 29E5.
FUSIBLE	Juego de seis fusibles. Modelo: 170M5566 Marca: bussmann 1000 A – 700 VAC. IR700-200KA Dimensiones: 2GKN/50.
SNUBBER	Cada tiristor posee una red Snubber con $R = 50 \text{ ohms}$ $C = 0.22 \mu\text{F}$

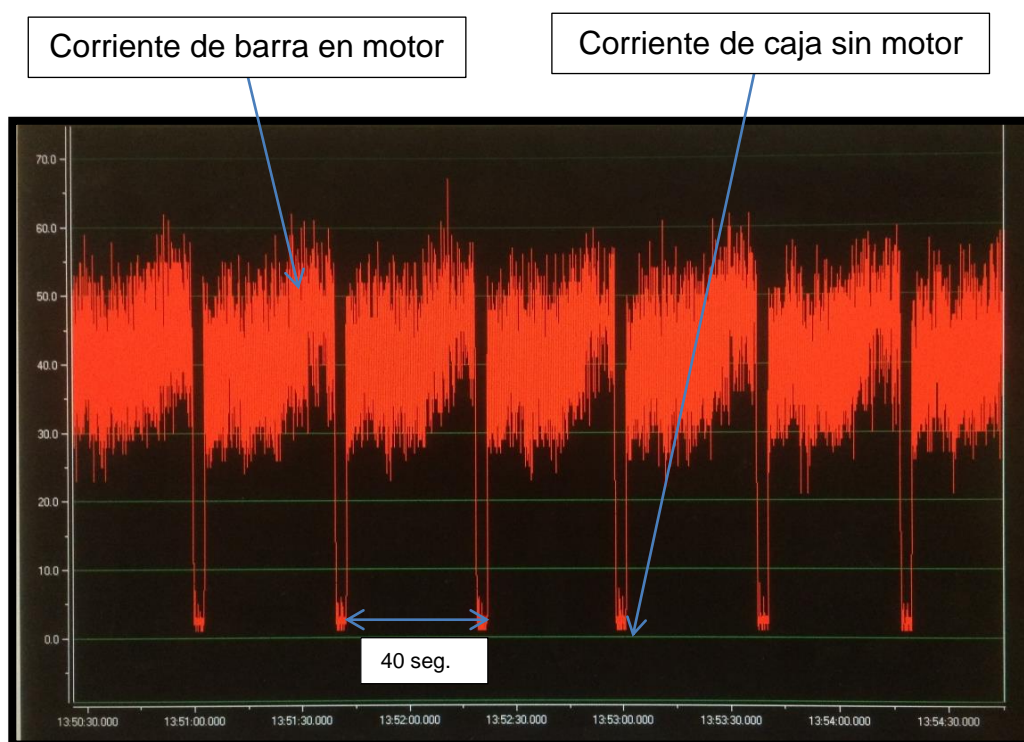
## 1.1 Análisis de comportamiento del Motor DC

### 1.1.1 Sistema de Adquisición de Datos de Campo (FDA)

Es un software que toma muestras de valores de corriente y voltaje del motor a través de un transmisor de corriente continua que está conectada a la alimentación del motor en la línea DC, este tiene una salida de corriente de 4-20 ma y también tiene un transmisor de voltaje que está conectada en la misma línea que emite en su salida una señal

de 0-10 V, pasan por un acondicionador de señales y ambas están conectadas al PLC system (PLC principal) que es el que comanda las variables analógicas y digitales que le llegan de campo y este a su vez envía la señal al FDA para ser mostradas en real-time y ser guardadas en la base de datos del software.

Como primera etapa del análisis se realiza el seguimiento de los parámetros principales del motor tales como velocidad, torque, corriente y voltaje, durante el proceso de laminación a través del FDA, a partir del cual se puede identificar si existen atenuaciones de voltaje o fluctuaciones de corriente tal como se observa en la Figura 1.2.



**Figura 1.2 Oscilograma de corriente de armadura en el motor**

Este software muestra los valores de corriente en porcentaje con respecto a la nominal. Las gráficas se observan como ondas cuadráticas, lo cual indica que tenemos valores de corriente según la carga en la caja cuando se encuentre laminando, caso contrario mostrará porcentajes de corrientes bajas con respecto a la nominal cuando no se tenga barra en caja que laminar.

Según la gráfica del FDA tenemos valores de corriente en la armadura del 1-3% sin carga durante el lapso de 4 segundos pero al ingresar la barra a la caja de laminación, las variaciones de corrientes están entre el 27-61% de la corriente nominal del motor permaneciendo en ella por 40 segundos, estas fluctuaciones no son normales ya que se debe de tener valores fijos de corriente, se presentan estas variaciones por diversos motivos, tales como la dinámica en la carga, por daños en los rodamientos del motor, desgaste de carbones en el mismo o por problemas en los lazos de regulación de velocidad, por eso es necesario seguir el método de inspección implementado en este informe para descartar posibles fallos o para determinar uno latente.

## 1.2 Análisis de los Tiristores Infineon controlados por fase

### 1.2.1 Osciloscopio FLUKE 190M-2 Serie II

Para las aplicaciones más exigentes, los osciloscopios 190 serie II ofrecen especificaciones que normalmente sólo se encuentran en instrumentos de banco de gama alta. Con anchos de banda de 200 MHz, velocidad de muestreo en tiempo real de 2.5 GS/s, resultan instrumentos ideales para realizar mediciones determinadas según sea el problema que se quiere resolver. [5]



**Figura 1.3 Osciloscopio FLUKE 190M-2 Serie II**

Esta herramienta facilita la detección de averías en sistemas industriales, el instrumento será de utilidad en la búsqueda del problema con la distorsión de corriente hacia la armadura, además que no permita realizar un correcto control de velocidad en el proceso, por lo tanto se

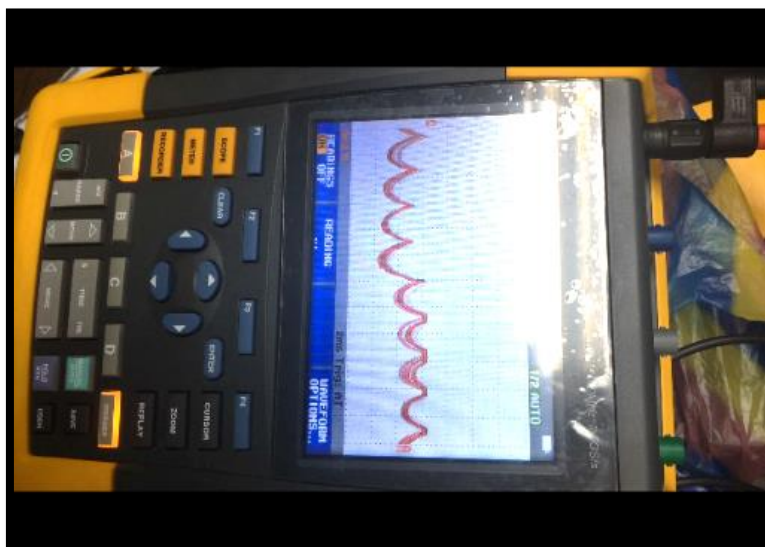
perdería la confiabilidad de que el proceso se realizará con normalidad y así los tiempos de parada incrementarían.

**Tabla 1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OSCILOSCOPIO FLUKE190M-2 Serie II**

Entradas aisladas eléctricamente	2
Categoría de seguridad	CAT III 1000V, CAT IV 600V.
ancho de banda	60, 100, 200 ó 500 MHz
Velocidad de muestreo	5 GS/s
Resolución	de hasta 200 ps
Profundidad de memoria	10.000 muestras de captura de formas de onda por canal
Nivel de protección	IP-51 contra el polvo y las salpicaduras para soportar los entornos industriales

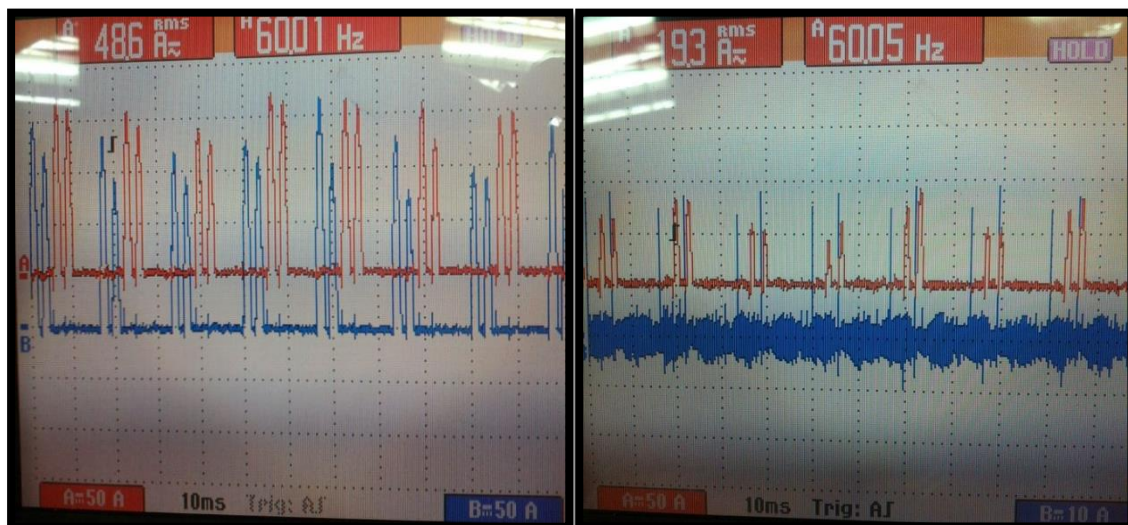
Entre los síntomas del problema, el motor emite un sonido mientras se encuentra laminando, se hace una inspección en el tablero eléctrico y se analiza con el osciloscopio la corriente DC que atraviesa a cada tiristor, cuando cambia de estado de bloqueo a conducción, obteniendo los siguientes resultados:





**Figura 1.4 Corriente de armadura del Motor DC**

Se pueden apreciar deformaciones en las corrientes de alimentación a la armadura del motor, la corriente en intervalos de tiempo se presenta como continua y discontinua, lo cual es un indicador de que existen problemas en el circuito de rectificación, tiristor con problemas, la carga no se encuentra a una temperatura óptima para ser laminada. Esto se presenta por varios motivos en la salida de corriente de los convertidores, para entrar más en detalle se realizan las mediciones con el FLUKE 190, individualmente en cada ramal de conducción de los tiristores, donde se encuentra que el SCR del ramal intermedio tiene distorsiones de corriente tal como se muestra en la figura 1.5, por lo tanto nos lleva a pensar que estaría perdiendo sus propiedades de funcionamiento o sufrió algún daño físico, se obtienen siguientes resultados:



Canal A: ramal Derecho  
 Canal B: ramal Izquierdo

Canal A: ramal Izquierdo  
 Canal B: ramal Intermedio

### Figuras 1.5 Corrientes en los tres ramales de los tiristores

Para los tiristores T1, T3, T5 del ramal superior conducirá solo uno a la vez, el que tenga el mayor potencial instantánea de fase en su ánodo y así mismo para los ramales inferiores de los tiristores T4, T6, T2 conducirá solamente el que tenga el menor potencial instantánea de fase en su cátodo, es importante indicar que necesariamente deberá existir la señal en la compuerta de ambos tiristores con las condiciones anteriormente indicadas, donde cada tiristor va a conducir por el lapso de 120 grados, entrando un nuevo tiristor a la conducción entre cada 60 grados, lo cual nos permitirá obtener la conducción de dos tiristores a la vez, generando una componente de corriente ondulatoria de salida del convertidor. Por lo tanto con estas gráficas se observa que el problema en el ramal inferior T2 afecta directamente a la corriente de salida que alimenta a la armadura del motor.

## 1.3 Procedimiento

### 1.3.1 Diagrama Unifilar

Para la realización de este proyecto se debe considerar el reconocimiento de los planos eléctricos, voltaje de acometida, ubicación de breakers de protección contra sobrecargas donde es necesario tener el diagrama unifilar y etiquetas de los elementos que están implicados en el sistema de rectificación AC/DC, tal como se observa en la figura 1.6

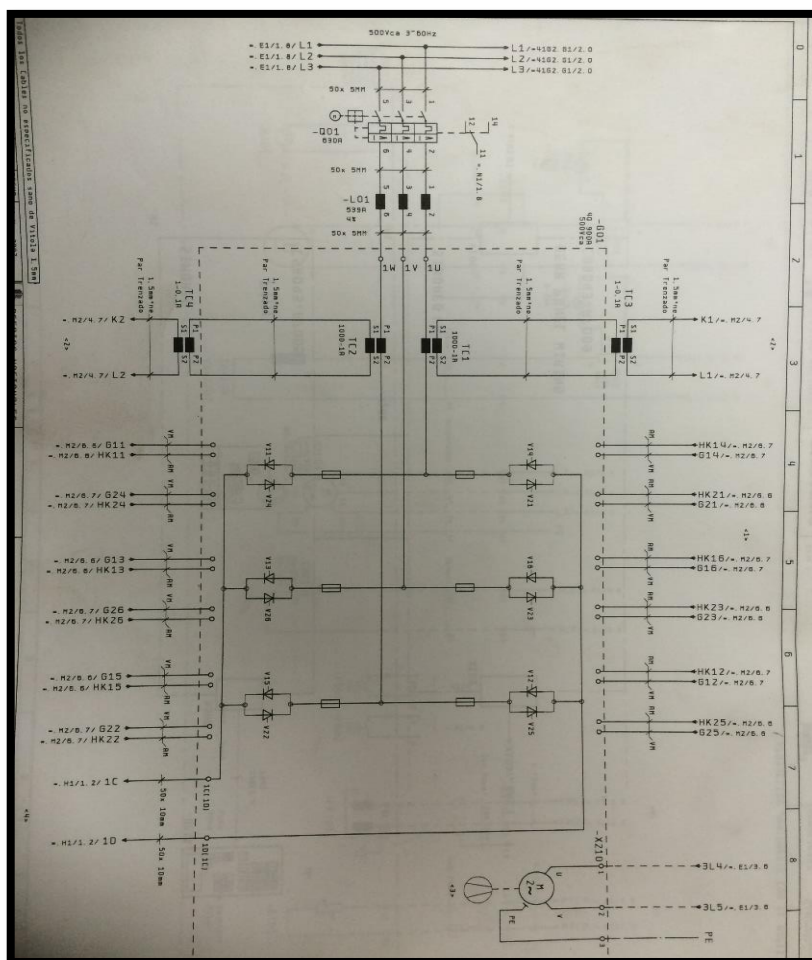


Figura 1.6 Diagrama Unifilar de equipos en tablero

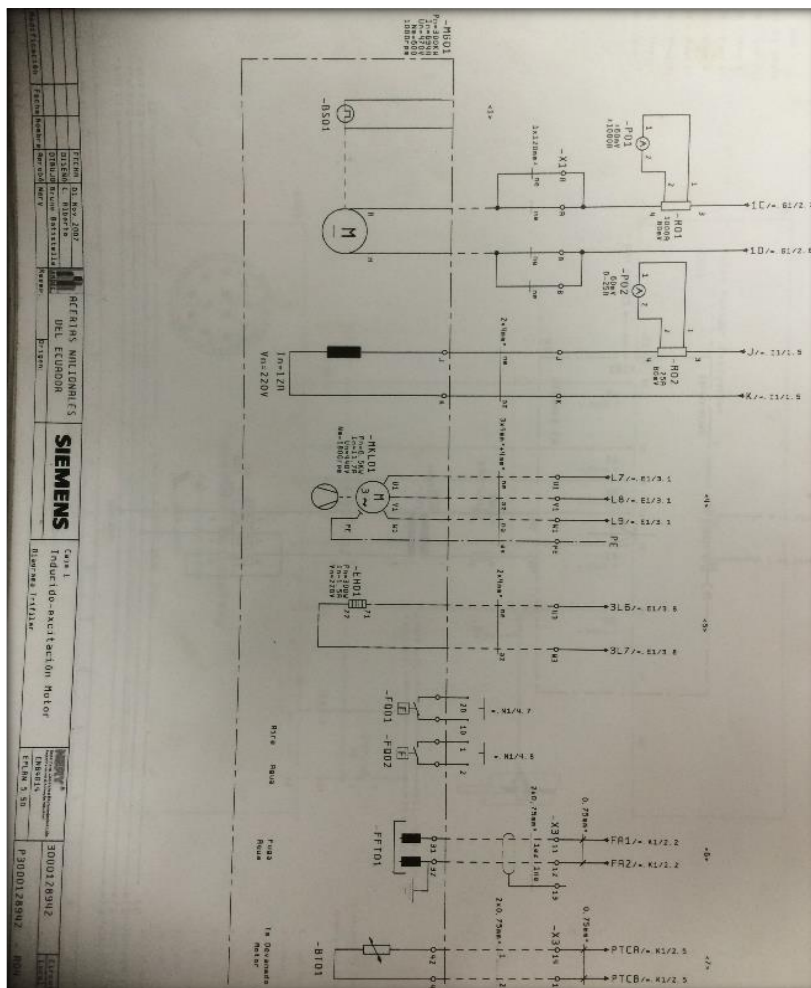


Figura 1.7 Diagrama Unifilar convertidor-armadura del motor

### 1.3.2 Mediciones en los Tiristores Infineon T700N22TOF

Si como resultado del análisis anterior se encontraran valores atípicos en algún ramal, se debe proceder a reemplazar los tiristores del módulo de control. Según las normas de seguridad en instalaciones eléctricas, se desconecta la alimentación por medio del breaker principal y se bloquea

para que no sea energizado de manera imprevista, luego se mide tensión en las terminales trifásicas para comprobar la interrupción del paso de la corriente. Como primer punto para la comprobación del estado de SCR se mide resistencia entre la compuerta-cátodo de cada uno de los Tiristores Infineon T700N22TOF que funciona para la rectificación de la potencia AC, el cual debe reflejar un valor no mayor a 15 ohmios según las especificaciones del fabricante.

Características de funcionamiento del tiristor infineon:

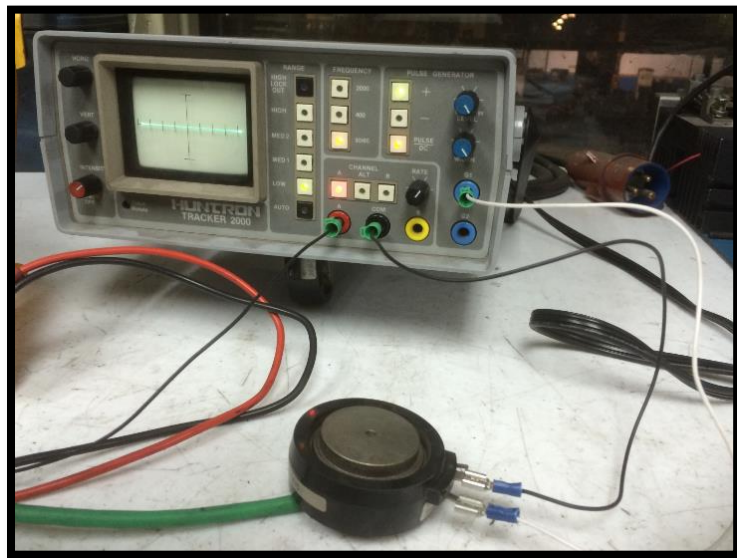
- Capacidad de bloqueo completo de 50/60 Hz en un amplio rango de temperaturas.
- Alta estabilidad bloqueo DC.
- Alta capacidad de corriente de sobretensión.
- Alta capacidad  $dv / dt$ .

Luego de esto se mide el aislamiento entre el ánodo-cátodo del SCR, donde su valor normal se encuentra alrededor de 1-2 mega-ohmios, esto indica que el tiristor tendrá un aislamiento adecuado en su estado de bloqueo en condición ideal, la corriente debería de ser cero pero existen pequeñas corrientes de fuga.

### 1.3.3 HUNTRON TRACKER 2000

El Huntron Tracker 2000, analiza la salud general de un componente de estado sólido, que lo hace perfecto para la búsqueda de fugas o daños generados en un sistema determinado. Su generador de impulsos incorporado le permite solucionar a fondo los dispositivos de compuerta como SCR, TRIAC y opto-acopladores. Este instrumento activa la compuerta y de esta manera se puede probar un componente en un modo activo. [2]

Para la verificación del funcionamiento de cada uno de los tiristores infineon, utilizaremos el instrumento ya mencionado, con el cual se procede a la simulación de señales de frecuencia múltiple no destructivas para comprobar el estado de los SCR en pruebas.

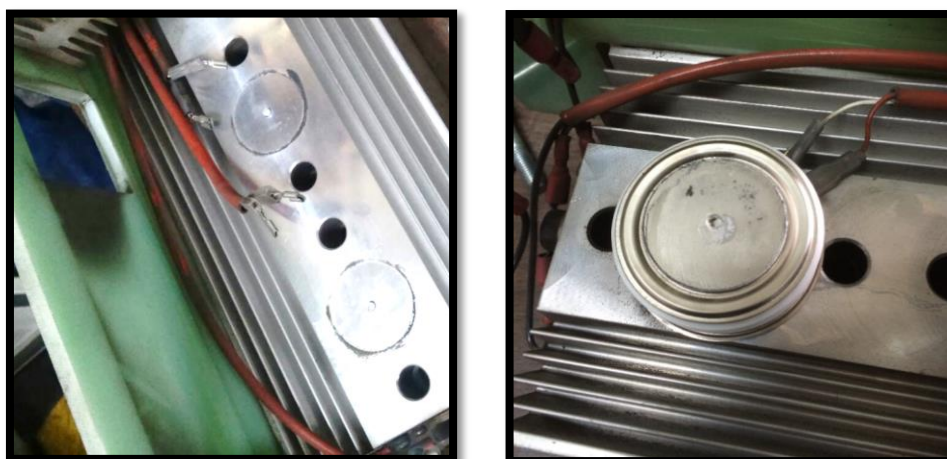


**Figura1.8 Tiristor Abierto con pulso corriente en la compuerta**



Cuando un tiristor está defectuoso, presenta internamente una alta impedancia que es representada en el Huntron Tracker 2000 como una línea horizontal (alta impedancia), pero si está en buenas condiciones presentará una línea vertical (baja impedancia). en este caso se obtiene una línea horizontal indicando alta impedancia y que el tiristor está abierto.

Si alguna de estas mediciones no están dentro del rango especificado se procede a desmontar el módulo del tiristor que presenta daños visibles su estructura normal de fábrica. Se desmonta del módulo, las placas de aluminio de disipación de calor para realizar la debida inspección, se observa excesiva suciedad presente en la placa.



**Figura 1.9 Placa de aluminio y tiristor dañado**

Cuando los tiristores presentan picaduras que son originados por desajuste en las uniones metálicas o por faltante de pasta conductiva entre el disipador y la placa de ánodo o cátodo, se genera un chisporroteo entre contactos y es necesario reemplazarlo ya que esto afecta en el proceso de rectificación de la señal de entrada del convertidor.

### **1.3.4 Encoder incremental**

Este encoder es conectado al eje del motor por medio de un matrimonio, este gira con el eje enviando su señal a una tarjeta que interpreta los datos obtenidos y los envía al PLC, para luego ser mostrado los datos en el FDA, sino existe regulación de velocidad o no se tiene un buen control, las posibles fallas pueden ser:

- Por sobrecalentamiento en el eje, se trizan los acoples de plástico y pierden esa unión con el motor, enviando señales erradas al PLC.
- Tenemos un cable en corto por efectos de transferencia de calor por motivo que una varilla de acero a 900 grados cayó cerca de los hilos del encoder.
- Fluctuación de voltaje en la fuente de alimentación del encoder.
- Desajuste del encoder al eje por vibraciones en el motor.



**Tabla 1.3 Especificaciones técnicas del Encoder incremental [6]**

Encoder Tecnología	Incremental
IP	IP IP65
Temperatura de funcionamiento máxima	+ 70 ° C
Revoluciones máximas	12000rpm
Temperatura de funcionamiento mínima	-20 ° C
Pulsos por 2500ppr Revolución	2500ppr
Tensión de alimentación	10 → 30 V dc
Frecuencia de conmutación	300 kHz

Si se presenta alguna de estas fallas, entonces se revisa el voltaje de alimentación del encoder, luego se observa si esta ajusta a la base del motor, si están correcto estos procedimiento entonces se procede a desacoplar el encoder para revisar el matrimonio con el eje y por ultimo realizar el reemplazo del encoder, ya que su eje es muy delicado y no soporta golpes fuertes en el mismo, entonces se realizan las revisiones periódicas de estas posibles fallas para evitar tiempos de parada por esta falla en el control de velocidad.

## CAPÍTULO 2

### 2. RESULTADOS OBTENIDOS

Ante todo lo expuesto en el capítulo anterior, se presenta la solución ante la problemática latente en los sistemas de control de velocidad para motores de laminación.

#### 2.1 Configuración del Rectificador Controlado Tipo Puente

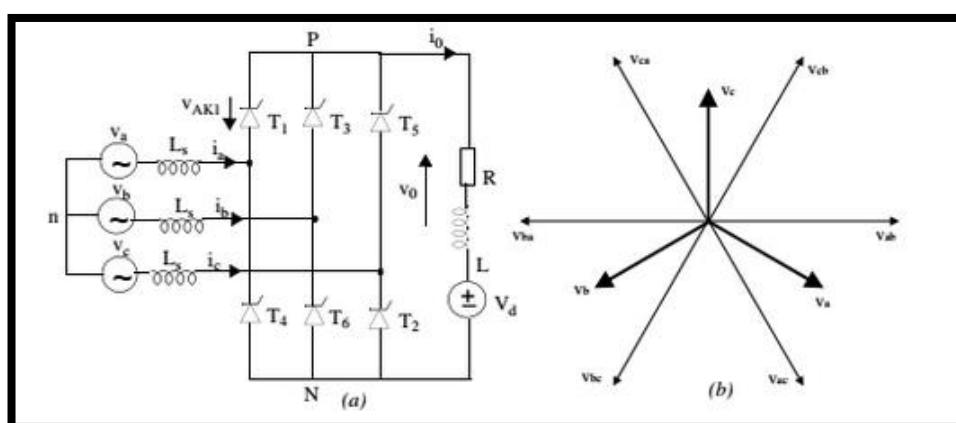
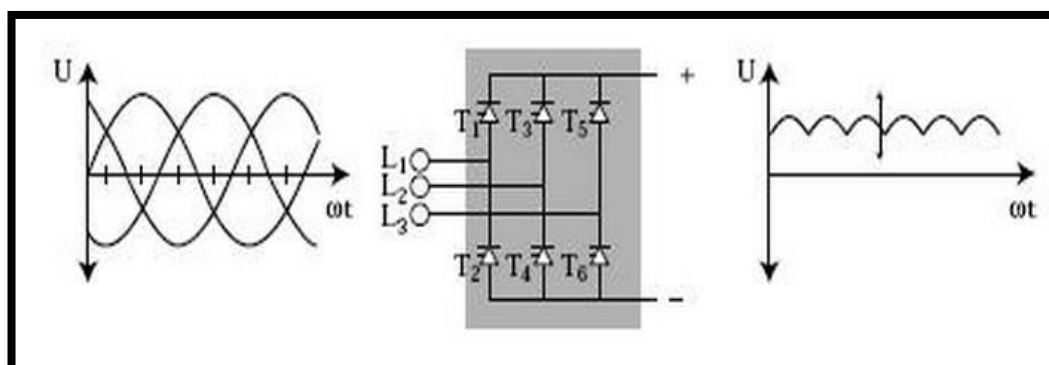


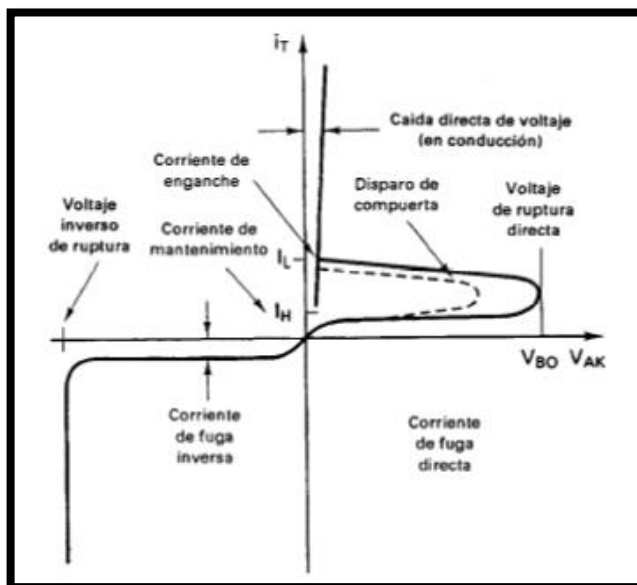
Figura 2.1 Convertidor trifásico controlado de seis pulsos (a) y su diagrama de tensiones (b)



**Figura 2.2 Rectificador trifásico controlado [4]**

Luego de comprender el funcionamiento del rectificador trifásico controlado, es posible realizar una conclusión efectiva sobre el origen del problema según el esquema general para la conversión de potencia desde la acometida trifásica hasta la corriente DC de alimentación al motor.

Mediante el oportuno mantenimiento preventivo se puede obtener una mayor confiabilidad en el sistema, sabiendo de antemano que los tiristores reciben el pulso de corriente en su compuerta y se disparan cada 60 grados entre un nuevo tiristor a la conducción, permanecen encendido durante 120 grados ya que su resistividad entre ánodo-cátodo es muy baja en estado de conducción, en donde la corriente que circula a través de ellos no debe estar por debajo de la corriente de mantenimiento o de enganche. Anexo [1]

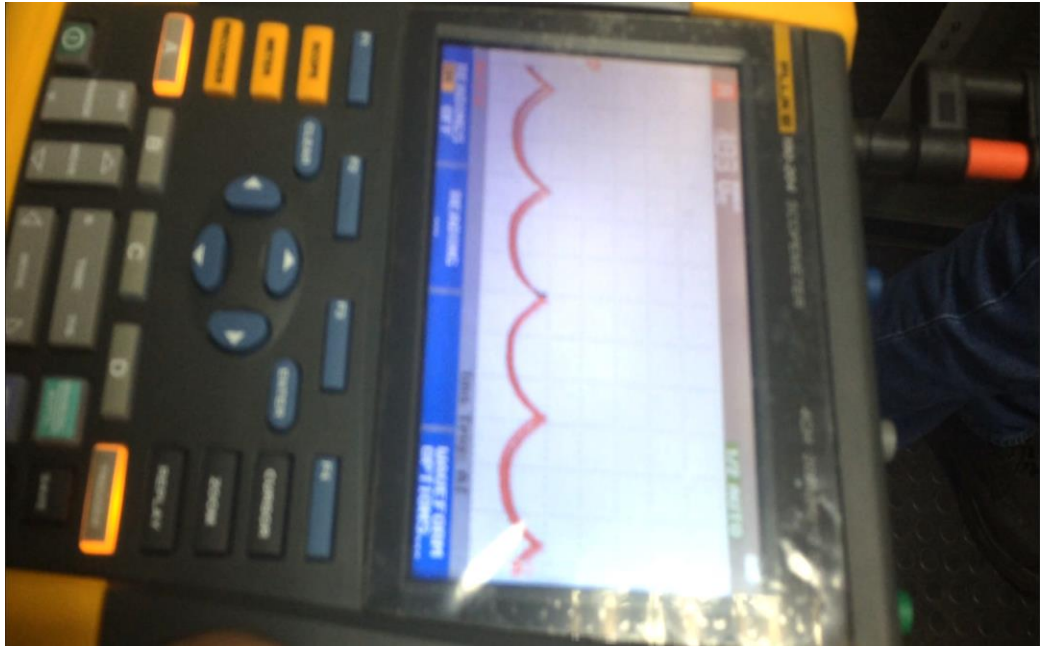


**Figura 2.3 Característica de voltaje AK – Corriente [3]**

Por eso es necesario cambiar los tiristores que presenten este tipo de averías, así como también realizar la limpieza de los contactos por excesiva suciedad.

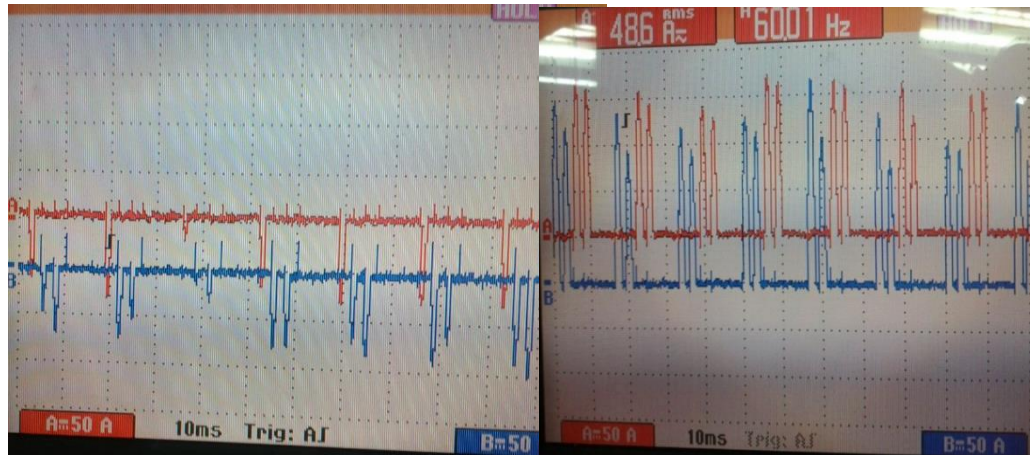
Es importante realizar las mediciones respectivas de la red snubber la cual sirve como protección ante los efectos de conmutación del  $dv/dt$  (cambios bruscos de voltaje entre ánodo-cátodo).

Como resultado del mantenimiento preventivo del sistema de control de velocidad realizado, se puede verificar las gráficas en el osciloscopio FLUKE190 Serie II, obteniendo lo siguiente:



**Figura 2.4 Corriente de salida del convertidor AC/DC**

Como se puede apreciar la corriente de salida es uniforme, comprobando que la activación de los dos tiristores que conducen cada 60 grados se realiza a tiempo sin causar distorsión ni ruido, la red de amortiguación funcionando correctamente para evitar los cambios bruscos de voltaje aplicado en los terminales de los tiristores, luego del mantenimiento preventivo por daño físico en uno de los tiristores.



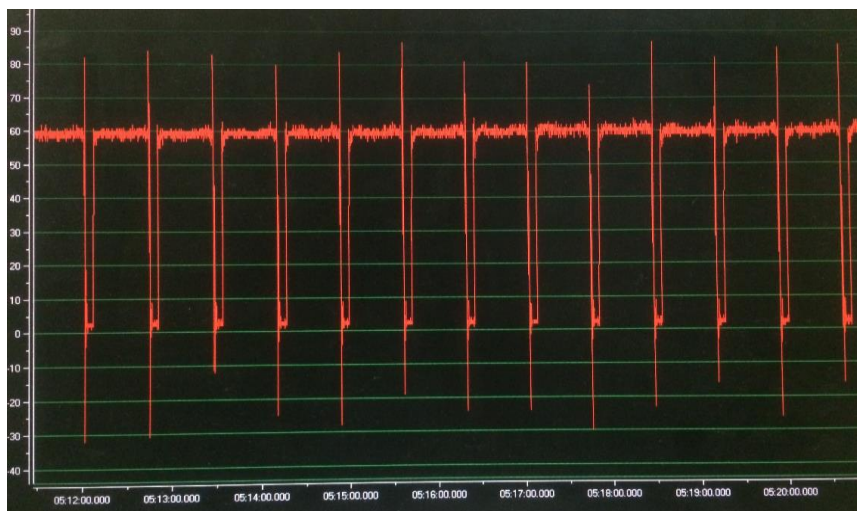
Canal A: ramal Derecho  
 Canal B: ramal Izquierdo

Canal A: ramal Izquierdo  
 Canal B: ramal Intermedio

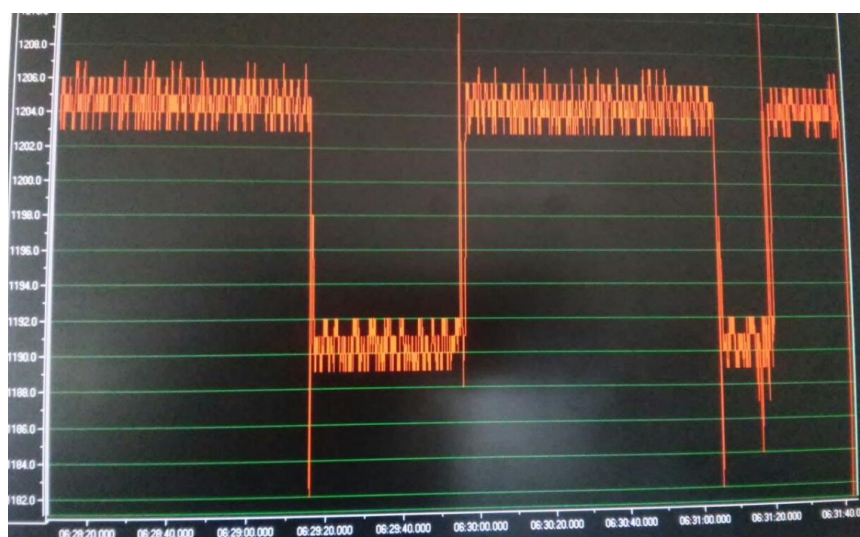
**Figuras 2.5 Corrientes en los tres ramales de los tiristores**

Se puede observar que ya no existe la variación de la corriente en la salida del ramal intermedio por lo tanto obtendríamos una mejor respuesta del motor con respecto a la corriente de salida del convertidor.

Continuando con la obtención de resultados, se verifican las gráficas de los parámetros del motor en el FDA para observar su comportamiento y funcionando en el proceso, graficas obtenidas:



**Figura 2.5 Corriente estable en el motor**



**Figura 2.6 Velocidad de regulación estable en el motor**

Se obtienen gráficas más estables según las obtenidas después del mantenimiento correctivo realizado en este caso. Las fluctuaciones de corriente son del 58-61% de la nominal, obteniendo una mejora con respecto a las medidas durante la falla del tiristor. En la gráfica de velocidad permanecen los valores entre 1203-1207 RPM antes y después de la falla.

## 2.2 Oscilogramas Ánodo-Cátodo Tiristor Infineon



(a)



(b)



(c)

**Figura 2.7** (a) Tiristor a 2000Hz y alta impedancia. (b) Aumentando la amplitud del generador de pulso. (c) tiristor a 400Hz y alta impedancia.

Los tiristores de potencia tienen en sus juntas una elevada capacitancia en altas frecuencias se puede observar una gráfica elíptica, la cual se ve



afectada por parámetros como la capacitancia interna de los tiristores, la frecuencia de la señal y el rango de impedancias seleccionada.



**Figura 2.8 Tiristor con baja impedancia en estado de activación**

Después de realizado estos análisis cabe recalcar que esta empresa solo necesita la planificación de las actividades a realizarse con detalles por los técnicos y así se evitaría realizar paradas de producción ocasionando pérdidas económicas considerables, el proyecto no solo es aplicable a la industria siderúrgica sino a cualquier proceso automático en el que utilice un convertidor AC/DC comandado por un variador de velocidad para el control de un motor DC, sabiendo de antemano que hay muchas aplicaciones de estas en las industrias ecuatorianas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Este proyecto mejorará la corriente de excitación de armadura del motor DC, proporcionando una mejor respuesta en los procesos automáticos de regulación de velocidad y un aumento en la producción de varillas de acero.
2. Se disminuirá el tiempo de parada con la metodología aplicada a este informe para la resolución de fallos en los sistemas de control de velocidad de laminación.
3. Con el análisis de las gráficas que obtenemos en el Sistema de Adquisición de Datos de Campo FDA, se detectan problemas según la forma de la onda de las variables del motor, según sea la carga que se encuentre laminando.
4. Realizar mediciones periódicas de resistencia entre ánodo-cátodo garantiza el bloqueo y minimiza la corriente de fuga cuando el tiristor no se encuentra activo.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar la planificación de los mantenimientos preventivos por lo menos una vez cada dos semanas, para tener un proceso confiable en la regulación, y así evitar gastos innecesarios realizando los mantenimientos correctivos.
2. Realizar mediciones de temperatura con cámaras termo gráficas para detectar puntos calientes en el módulo por desajustes en su instalación.
3. Tener en cuenta los valores normales de la red snubber para mantener la protección en los tiristores por efectos del cambio brusco de voltajes en la conmutación.
4. En la empresa hay diversas secciones que necesitan mantenimiento preventivo y que no son tratadas a tiempo, el alcance de este proyecto es de poner un antecedente para atacar a un tema en específico, pero se puede utilizar estos métodos para realizar la detección de posibles fallos oportunamente para cualquier proceso automático existente en la actualidad basado en los análisis gráficos.

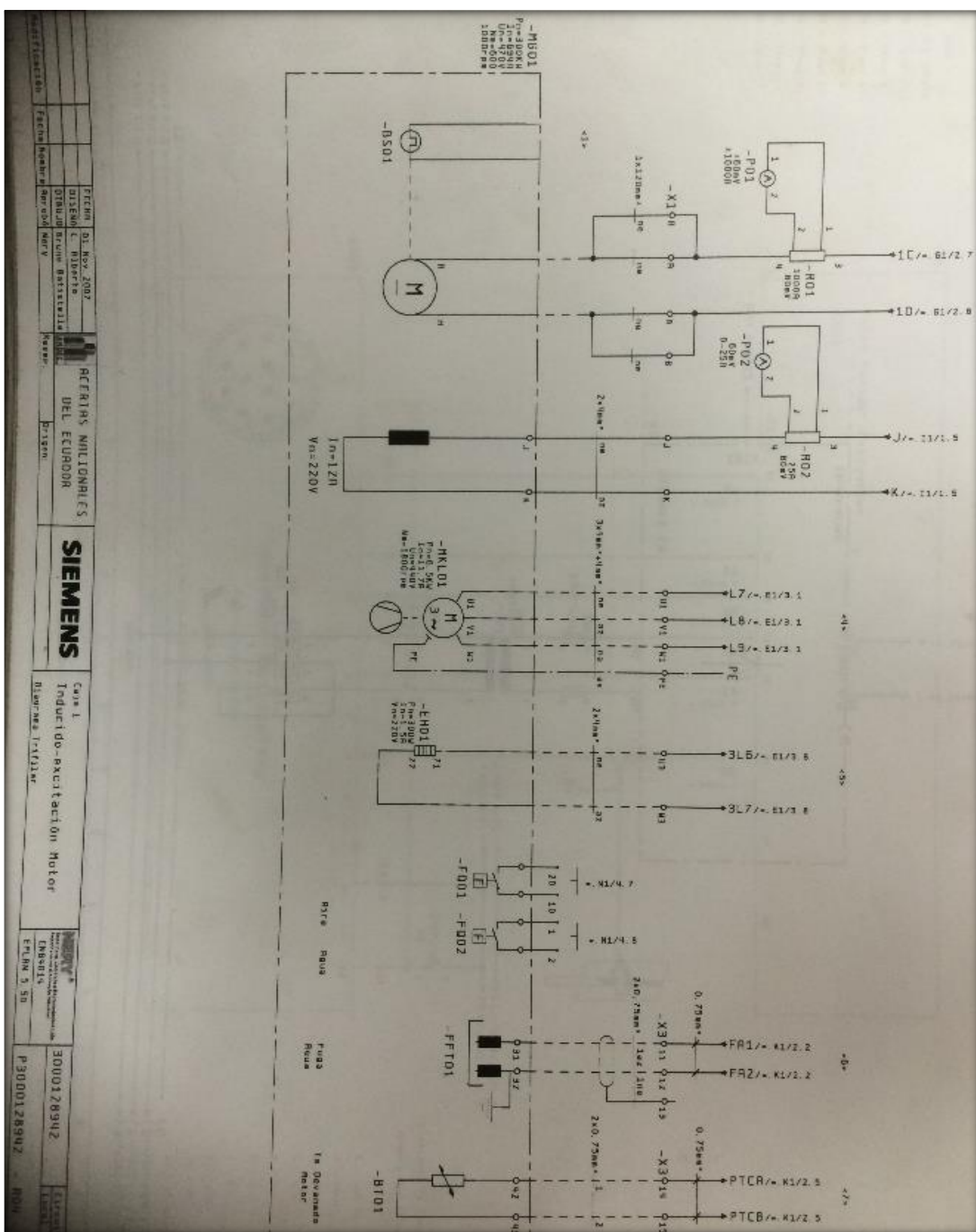
## BIBLIOGRAFÍA

- [1] [Ana Pozo Ruz](http://www.potencia.uma.es/index.php?option=com_content&view=article&id=80%3Acapitulo-5&catid=35%3Ae-book&Itemid=80) y Noemí Jiménez Redondo. Electrónica de potencia  
[http://www.potencia.uma.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=80%3Acapitulo-5&catid=35%3Ae-book&Itemid=80](http://www.potencia.uma.es/index.php?option=com_content&view=article&id=80%3Acapitulo-5&catid=35%3Ae-book&Itemid=80)  
Fecha de consulta Enero 2015
- [2] Test Equipment Connection, HUNTRON TRACKER 2000  
[http://spanish.testequipmentconnection.com/3426/Huntron\\_Tracker\\_2000.php](http://spanish.testequipmentconnection.com/3426/Huntron_Tracker_2000.php)
- [3] Muhammad H. Rashid, Circuito y dispositivos y aplicaciones, Prentice Hall Hispanoamericana, 2001
- [4] Electric Automation Network, Automatización eléctrica  
<http://www.electricalautomationnetwork.com/blog/>
- [5] FLUKE Corporation, fluke  
<http://www.fluke.com/fluke/es/oscilloscopios-portatiles/fluke-190.htm?PID=56045>
- [6] RS Components B.V. Bingerweg 19  
<http://nl.rs-online.com/web/p/rotary-encoders/2090308/>





## ANEXO 2



### Diagrama Unifilar Del Convertidor-Armadura Del Motor





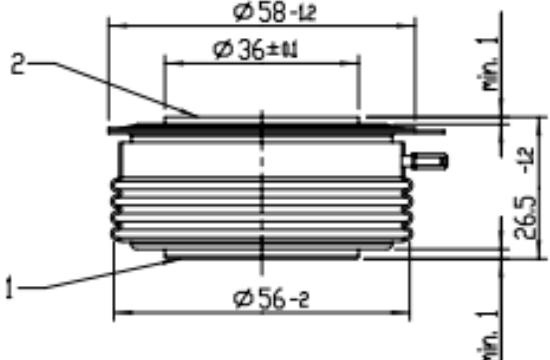
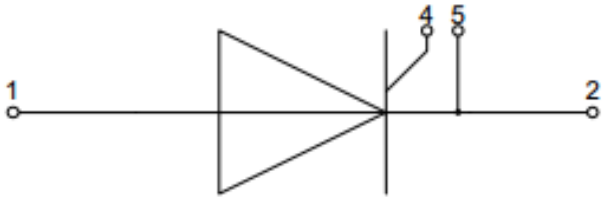
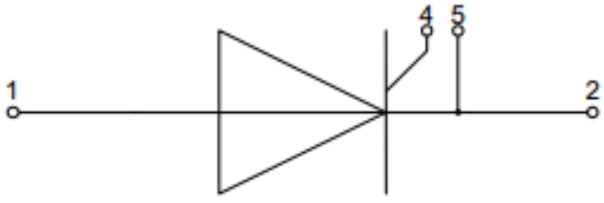
Fecha	02. Nov. 2002
Elaborado	DEL ECUADOR
Revisado	DEL ECUADOR
Proyecto	INDUSTRIAS NACIONALES
Objeto	Inductor de excitación Motor
Plantilla	SIEMENS
Revisión	1
Elaborado	30000128942
Revisado	P3000128942

## ANEXO 3

N		Datenblatt / Data sheet	 infineon Technologies Bipolar GmbH & Co. KG	
Netz-Thyristor Phase Control Thyristor		<b>T700N</b>		
<b>Elektrische Eigenschaften / Electrical properties</b> Höchstzulässige Werte / Maximum rated values				
Periodische Vorwärts- und Rückwärts-Spitzenspannung repetitive peak forward off-state and reverse voltages	$T_q = -40^\circ\text{C} \dots T_{q\text{max}}$	$V_{\text{DRM}}, V_{\text{RRM}}$	1800 V 2000 V 2200 V	V
Vorwärts-Stossspitzenspannung non-repetitive peak forward off-state voltage	$T_q = -40^\circ\text{C} \dots T_{q\text{max}}$	$V_{\text{DRM}}$	1800 V 2000 V 2200 V	V
Rückwärts-Stossspitzenspannung non-repetitive peak reverse voltage	$T_q = +25^\circ\text{C} \dots T_{q\text{max}}$	$V_{\text{RRM}}$	1900 V 2100 V 2300 V	V
Durchlassstrom-Grenzeffektivwert maximum RMS on-state current		$I_{\text{RMSM}}$	1500 A	A
Dauergrenzstrom average on-state current	$T_c = 85^\circ\text{C}$	$I_{\text{RMS}}$	700 A	A
Dauergrenzstrom average on-state current	$T_c = 55^\circ\text{C}, \theta = 180^\circ\text{sin}, t_p = 10\text{ ms}$	$I_{\text{RMS}}$	1040 A	A
Durchlaßstrom-Effektivwert RMS on-state current		$I_{\text{RMS}}$	1630 A	A
Stossstrom-Grenzwert surge current	$T_q = 25^\circ\text{C}, t_p = 10\text{ ms}$ $T_q = T_{q\text{max}}, t_p = 10\text{ ms}$	$I_{\text{SM}}$	13500 A 12200 A	A
Grenzlastintegral PI-value	$T_q = 25^\circ\text{C}, t_p = 10\text{ ms}$ $T_q = T_{q\text{max}}, t_p = 10\text{ ms}$	PI	911 744	$10^9\text{ A}^2\text{s}$ $10^9\text{ A}^2\text{s}$
Kritische Stromsteilheit critical rate of rise of on-state current	DIN IEC 60747-6 $f = 50\text{ Hz}, I_{\text{SM}} = 1\text{ A}, di/dt = 1\text{ A}/\mu\text{s}$	$(di/dt)_{\text{cr}}$	200	$\text{A}/\mu\text{s}$
Kritische Spannungssteilheit critical rate of rise of off-state voltage	$T_q = T_{q\text{max}}, V_D = 0,67 V_{\text{DRM}}$ 5.Kennbuchstabe / 5 <sup>th</sup> letter F	$(dv/dt)_{\text{cr}}$	1000	$\text{V}/\mu\text{s}$
<b>Charakteristische Werte / Characteristic values</b>				
Durchlassspannung on-state voltage	$T_q = T_{q\text{max}}, I_T = 2850\text{ A}$ $T_q = T_{q\text{max}}, I_T = 650\text{ A}$	$v_T$	max. 2,32 1,25	V V
Schleusenspannung threshold voltage	$T_q = T_{q\text{max}}$	$V_{\text{TO}}$	0,95	V
Ersatzwiderstand slope resistance	$T_q = T_{q\text{max}}$	$r_T$	0,45	m $\Omega$
Durchlasskennlinie on-state characteristic $v_T = A + B \cdot I_T + C \cdot \ln(I_T + 1) + D \cdot \sqrt{I_T}$	$T_q = T_{q\text{max}}$	A= B= C= D=	9,247E-01 4,032E-04 -1,670E-02 7,035E-03	
Zündstrom gate trigger current	$T_q = 25^\circ\text{C}, V_D = 12\text{V}$	$I_{\text{GT}}$	max. 250	mA
Zündspannung gate trigger voltage	$T_q = 25^\circ\text{C}, V_D = 12\text{V}$	$V_{\text{GT}}$	max. 2,2	V
Nicht zündender Steuerstrom gate non-trigger current	$T_q = T_{q\text{max}}, V_D = 12\text{V}$ $T_q = T_{q\text{max}}, V_D = 0,5 V_{\text{DRM}}$	$I_{\text{GN}}$	max. 10 max. 5	mA mA
Nicht zündende Steuerspannung gate non-trigger voltage	$T_q = T_{q\text{max}}, V_D = 0,5 V_{\text{DRM}}$	$V_{\text{GN}}$	max. 0,25	V
Haltestrom holding current	$T_q = 25^\circ\text{C}, V_D = 12\text{V}$	$I_{\text{H}}$	max. 300	mA
Ehraststrom latching current	$T_q = 25^\circ\text{C}, V_D = 12\text{V}, R_{\text{th}} \geq 10\ \Omega$ $I_{\text{SM}} = 1\text{ A}, di/dt = 1\text{ A}/\mu\text{s},$ $t_p = 20\ \mu\text{s}$	$I_{\text{L}}$	max. 1500	mA
Vorwärts- und Rückwärts-Sperstrom forward off-state and reverse current	$T_q = T_{q\text{max}}$ $v_D = V_{\text{DRM}}, v_R = V_{\text{RRM}}$	$I_{\text{B}}, I_{\text{R}}$	max. 100	mA
Zündverzug gate controlled delay time	DIN IEC 60747-6 $T_q = 25^\circ\text{C}, I_{\text{SM}} = 1\text{ A},$ $di/dt = 1\text{ A}/\mu\text{s}$	$t_{\text{gd}}$	max. 4	$\mu\text{s}$
prepared by: H.Sandmann		date of publication: 2010-11-11		
approved by: M.Lefeld		revision: 3.1		
IFBIP D AEC / 2010-11-11, H.Sandmann	A 36/10	Seite/page 1/10		

N		Datenblatt / Data sheet		
Netz-Thyristor Phase Control Thyristor		<b>T700N</b>	Infineon Technologies Bipolar GmbH & Co. KG	
Elektrische Eigenschaften / Electrical properties Charakteristische Werte / Characteristic values				
Freiwerdzeit circuit commutated turn-off time	$T_{q} = T_{qmax}, I_{tr} = I_{trmax}$ $V_{kerr} = 100\text{ V}, V_{kerr} = 0,67 V_{kerr}$ $dv_{k}/dt = 20\text{ V}/\mu\text{s}, -di_{k}/dt = 10\text{ A}/\mu\text{s}$ 4. Kennbuchstabe / 4 <sup>th</sup> letter O	$t_{q}$	typ. 300	$\mu\text{s}$
Thermische Eigenschaften / Thermal properties				
Innerer Wärmewiderstand thermal resistance, junction to case	<u>Kühlfläche / cooling surface</u> beidseitig / two-sided, $\theta = 180^\circ\text{sin}$ beidseitig / two-sided, DC Anode / anode, $\theta = 180^\circ\text{sin}$ Anode / anode, DC Kathode / cathode, $\theta = 180^\circ\text{sin}$ Kathode / cathode, DC	$R_{thJC}$	max. 0,0320 max. 0,0300 max. 0,0537 max. 0,0511 max. 0,0816 max. 0,0732	*C/W *C/W *C/W *C/W *C/W *C/W
Übergangs-Wärmewiderstand thermal resistance, case to heatsink	<u>Kühlfläche / cooling surface</u> beidseitig / two-sides einseitig / single-sides	$R_{thCH}$	max. 0,005 max. 0,010	*C/W *C/W
Höchstzulässige Sperrschichttemperatur maximum junction temperature		$T_{qmax}$	125	°C
Betriebstemperatur operating temperature		$T_{Lop}$	-40...+125	°C
Lagertemperatur storage temperature		$T_{sp}$	-40...+150	°C
Mechanische Eigenschaften / Mechanical properties				
Gehäuse, siehe Anlage case, see annex			Seite 3 page 3	
Si-Element mit Druckkontakt Si-pellet with pressure contact				
Anpresskraft clamping force		F	10,5...21	kN
Steueranschlüsse control terminals	Gate (flat) Gate (round, based on AMP 60598) Kathode / cathode		A 2,8x0,5 Ø 1,5 A 4,8x0,5	mm mm mm
Gewicht weight		G	typ. 280	g
Kriechstrecke creepage distance			20	mm
Schwingfestigkeit vibration resistance	f = 50 Hz		50	m/s <sup>2</sup>
IFBIP D AEC / 2010-11-11, H.Sandmann	A 36/10		Seite/page	2/10



<b>N</b>		<b>Datenblatt / Data sheet</b>	
<b>Netz-Thyristor Phase Control Thyristor</b>		<b>T700N</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">strike distance: 15mm creepage distance: 20mm</p> <p style="text-align: right;">overall height based on contact pressure</p>			
			<p><b>1: Anode / Anode</b></p> <p><b>2: Kathode / Cathode</b></p> <p><b>4: Gate</b></p> <p><b>5: Hilfskathode/ Auxiliary Cathode</b></p>
IFBIP D AEC / 2010-11-11, H.Sandmann		A 36/10	Seite/page 3/10

## ANEXO 4



## ScopeMeter® 190 Series

190 Series II, 190C Series,  
and 190C Series with Bus Health

### ScopeMeter Series II 190-104 and 190-204: The first high-performance four-channel scopes built for harsh industrial environments

Introducing the first high-performance portable oscilloscopes with four independent isolated input channels, an IP 51 dust- and drip-proof rating, and a CAT III 1000 V / CAT IV 600 V safety rating. Choose 200 MHz or 100 MHz bandwidth models. Now, plant maintenance engineers and technicians can take a four-channel scope into the harsh world of industrial electronics.



Models 190-204, 199C,  
and 225 C shown here



Connect  
and  
View



## Technical Data

### A new generation of ScopeMeter

The 190 Series II include these new capabilities:

- 4 independent floating isolated inputs, up to 1000 V
- High-speed sampling: Up to 2.5 GS/sec
- Deep memory: 10,000 points per trace waveform capture
- CAT III 1000 V/CAT IV 600 V rated for safety in high voltage environments
- Up to 7 hours of battery operation, standard
- Isolated USB host port for direct data storage to a USB memory device; USB device port for easy PC communication
- Easy access battery door for quick battery swaps in the field
- Compact and only 2.2 kg (4.8 lb)
- Security slot: lock down oscilloscope with Kensington® lock while unattended

### ScopeMeter 190C Series and 190 Series II

#### Rugged performance, speed and ease of use no matter which model you use

All 190 Series models offer:

- IP 51 rating, dust- and drip-proof
- Connect-and-View™ triggering for intelligent, automatic triggering on fast, slow and even complex signals
- Frequency Spectrum using FFT-analysis
- Automatic capture and REPLAY of 100 screens
- Deep waveform memory storage (up to 10,000 points per input channel)
- 30,000 points or more per input channel using ScopeRecord™ roll mode
- Paperless recorder with deep memory for long-term automatic measurements

## DATA SHEET DEL FLUKE 190 SERIE II (Especificaciones)

Especificaciones	
Ancho de banda	Fluke 190-504: 500 MHz Fluke 190-204: 200 MHz Fluke 190-202: 200 MHz Fluke 190-104: 100 MHz Fluke 190-102: 100 MHz Fluke 190-062: 60 MHz
Número de canales	Fluke 190-504: 500 MHz: 4 canales Fluke 190-204: 200 MHz: 4 canales Fluke 190-202: 200 MHz: 2 canales Fluke 190-104: 100 MHz: 4 canales Fluke 190-102: 100 MHz: 2 canales Fluke 190-062: 60 MHz: 2 canales
Velocidad de muestreo en tiempo real	Fluke 190-504: 5 GS/s Fluke 190-204: 2,5 GS/s Fluke 190-202: 2,5 GS/s Fluke 190-104: 1,25 GS/s Fluke 190-102: 1,25 GS/s Fluke 190-062: 625 MS/s
Entradas	Fluke 190-X04: 4 entradas BNC para medidas de osciloscopio y multímetro Fluke 190-X02: 2 entradas BNC más 1 entrada DMM
Entradas aisladas, en flotación e independientes	Hasta 1.000 V CAT III/600 V CAT IV entre entradas, referencias y tierra
Rango de la base de tiempos	1 ns/div a 4s/div (190-504, 500 MHz model) 2 ns/div a 4s/div (190-20X, modelos de 200 MHz) 5 ns/div a 4s/div (190-10X, modelos de 100 MHz) 10 ns/div a 4s/div (190-062, modelo de 60 MHz)
Sensibilidad de entrada	2 mV-100 V/div más atenuación variable
Tipos de disparo	Connect-and-View®, ejecución libre, un solo disparo, flanco, retardo, dobl flanco, vídeo, línea de vídeo, ancho de pulso seleccionable y N ciclos
Fuente de trigger	Fluke 190-X02: 2 entradas BNC o entrada externa vía DMM Fluke 190-X04: 4 entradas BNC
Captura de transitorios	8 ns
Medidas en modo osciloscopio	Cursor: 7 Automática: 30
Longitud de registro máxima	Modo ScopeRecord: 30.000 puntos por entrada Modo osciloscopio: 10.000 puntos por entrada
Persistencia	Persistencia digital con decaimiento de las formas de onda como en un osciloscopio analógico
Comparación de formas de onda	Comparación de formas de onda con prueba automática "Pasa/No pasa"

<b>Tipos de disparo</b>	Connect-and-View®, ejecución libre, un solo disparo, flanco, retardo, doble flanco, vídeo, línea de vídeo, ancho de pulso seleccionable y N ciclos
<b>Fuente de trigger</b>	Fluke 190-X02: 2 entradas BNC o entrada externa vía DMM Fluke 190-X04: 4 entradas BNC
<b>Captura de transitorios</b>	8 ns
<b>Medidas en modo osciloscopio</b>	Cursor: 7 Automática: 30
<b>Longitud de registro máxima</b>	Modo ScopeRecord: 30.000 puntos por entrada Modo osciloscopio: 10.000 puntos por entrada
<b>Persistencia</b>	Persistencia digital con decaimiento de las formas de onda como en un osciloscopio analógico
<b>Comparación de formas de onda</b>	Comparación de formas de onda con prueba automática "Pasa/No pasa"

#### Especificaciones DMM (modelos con dos canales)

<b>Entradas de multímetro (también se utiliza como entrada de trigger externo para el modo de osciloscopio)</b>	Entradas tipo banana de 4 mm, completamente aisladas de las entradas de osciloscopio y de la toma de tierra del osciloscopio
<b>Resolución máxima</b>	5.000 cuentas
<b>Medidas</b>	Vcc, Vca RMS, Vca+cc RMS, resistencia, continuidad, prueba de diodos, intensidad (con pinzas amperimétricas o shunt), temperatura en °C o °F (con un conversor opcional)
<b>Posiciones de memoria</b>	Pantalla + configuración: 30 memorias de forma de onda más 10 memorias de registro más 9 memorias de pantalla.
<b>Pantalla</b>	Pantalla LCD a color de 153 mm con una alta velocidad de actualización

#### Especificaciones ambientales

<b>Temperatura de funcionamiento</b>	De 0°C a 40°C incluidas las baterías 0°C to 50°C sin incluir las baterías
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	-20°C a +60°C
<b>Altitud de trabajo</b>	Hasta 2.000 m (6666 pies) para CAT IV 600 V, CAT III 1.000 V Hasta 3.000 m (10.000 pies) para CAT III 600 V, CAT II 1.000 V

#### Especificaciones de seguridad

<b>Seguridad eléctrica</b>	1.000V CAT III/600V CAT IV (EN61010-1)
----------------------------	--

#### Especificaciones mecánicas y generales

<b>Dimensiones</b>	270 x 190 x 70 mm
<b>Peso</b>	2,2 kg
<b>Garantía</b>	Tres años para el instrumento principal
<b>Batería de ión-litio</b>	Fluke 190-XX2: BP290 (2.400 mAh) Fluke 190-XX4: BP291 (4.800 mAh)

## ANEXO 5

## Data Sheet Encoder Kubler

## Inkrementaler Drehgeber in Wellenausführung



## Universalbaureihe Typ 5800



- Robuste Ausführung Durchmesser 58 mm nach Industriestandard
- Viele Varianten lieferbar, auch Sonderausführungen
- IP 65
- Temperatur- und Alterungskompensation
- Kurzschlussfeste Ausgänge
- Verpolschutz am Betriebsspannungseingang (bei  $U_B = 10 \dots 30 \text{ V DC}$ )
- Hochflexibles, chemikalienbeständiges PUR-Kabel

- Auflösung bis 5000 Impulse
- Hohe Wellenbelastbarkeit

## Mechanische Kennwerte:

Drehzahl:	max. 12000 $\text{min}^{-1}$
Trägheitsmoment des Rotors:	ca. $1,8 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$
Anlaufdrehmoment:	< 0,01 Nm
Wellenbelastbarkeit radial*:	80 N
Wellenbelastbarkeit axial*:	40 N
Gewicht:	ca. 0,4 kg
Schutzart nach EN 60 529:	IP 65
Arbeitsbereich:	-20 °C ... +85 °C <sup>1)</sup>
Betriebstemperaturbereich:	-20 °C ... +90 °C <sup>1)</sup>
Welle:	nichtrostender Stahl
Schockfestigkeit nach DIN-IEC 68-2-27:	1000 $\text{m/s}^2$ , 6 ms
Vibrationsfestigkeit nach DIN-IEC 68-2-6:	100 $\text{m/s}^2$ , 10...2000 Hz

\*Siehe auch Diagramm auf Seite 19  
<sup>1)</sup>Überschleppersatz: -20 ... +70 °C

## Kurzfristig Lieferbare Impulszahlen:

5, 10, 20, 25, 30, 50, 60, 100, 120, 125, 127, 150, 178, 180, 200, 216, 240, 250, 254, 256, 300, 314, 360, 375, 400, 500, 512, 600, 625, 720, 745, 750, 762, 800, 900, 927, 1000, 1024, 1250, 1270, 1400, 1500, 1800, 2000, 2048, 2250, 2400, 2500, 3000, 3600, 4000, 4096, 5000

Andere Impulszahlen auf Anfrage

## Elektrische Kennwerte RS422 oder Gegentaktausgang:

Ausgangsschaltung:	RS 422 (TTL-kompatibel)	RS 422 (TTL-kompatibel)	Gegentakt	Gegentakt
Versorgungsspannung:	5 V (+5%) oder 10-30 V DC	5 ... 30 V DC	10 ... 30 V DC	5 ... 30 V DC
Stromaufnahme (ohne Last) ohne Invertierung:	nicht lieferbar	nicht lieferbar	typ. 55 mA / max. 125 mA	typ. 55 mA / max. 125 mA
Stromaufnahme (ohne Last) mit Invertierung:	typ. 70 mA / max. 100 mA	typ. 70 mA / max. 100 mA	typ. 80 mA / max. 150 mA	typ. 80 mA / max. 150 mA
Zul. Last/Kanal:	max. ±20 mA	max. ±20 mA	max. ±30 mA	max. ±30 mA
Impulsfrequenz:	max. 300 kHz	max. 300 kHz	max. 300 kHz	max. 300 kHz
Signalpegel high:	min. 2,5 V	min. 2,5 V	min. UB-3 V	min. UB-1,5 V
Signalpegel low:	max. 0,5 V	max. 0,5 V	max. 2,5 V	max. 1,5 V
Anstiegszeit $t_r$	max. 200 ns	max. 200 ns	max. 1 µs	max. 1 µs
Abfallzeit $t_f$	max. 200 ns	max. 200 ns	max. 1 µs	max. 1 µs
Kurzschlussfeste Ausgänge <sup>1)</sup> :	ja <sup>2)</sup>	ja <sup>2)</sup>	ja	ja
Verpolschutz der Versorgungsspannung:	nein, 10 ... 30 V ja	ja	ja	nein
CE-konform gemäß EN 50082-2, EN 50081-2 und EN 55011 Klasse B				

<sup>1)</sup>Bei korrekt angelegter Versorgungsspannung  
<sup>2)</sup>Nur max. ein Kanal darf kurzgeschlossen sein:  
 (bei UB=5 V ist Kurzschluss gegenüber einem anderen Kanal, 0 V oder -UB zulässig.)  
 (bei UB=10-30 V ist Kurzschluss gegenüber einem anderen Kanal oder 0 V zulässig.)



## Anexo 6

## Especificaciones Huntron Tracker 2000

**ELECTRICAL**

Unless otherwise specified, all measurements are within  $\pm 5\%$

**Impedance Ranges**

Terminal Characteristics:

Range	Open Circuit Voltage ( $V_p$ )	Short Circuit Current ( $mA_{rms}$ ) $\pm 10\%$
High	60	0.57
Medium 2	20	0.53
Medium 1	15	8.5
Low	10	132

Autoranging Rate ..... adjustable from 0.3 Hz to 5 Hz

**Test Signal**

Waveform ..... sine wave  
Frequencies ..... 50/60 Hz, 400 Hz, 2000 Hz.

**Channels**

Number ..... 2  
Alternation Rate ..... adjustable from 0.5 Hz to 10 Hz  
Overload Protection .....  $\frac{1}{4}$  Amp type AGC internal fuse  
(operator replaceable)

**Pulse Generator**

Level ..... adjustable from zero to  $\pm 5$  VDC ( $\pm 10\%$ )  
with respect to instrument common  
DC mode ..... produces positive DC or negative DC  
Pulse mode ..... produces positive pulses, negative  
pulses, or both  
Frequency ..... same as selected test signal frequency  
Duty Cycle ..... adjustable from  $\sim 0\%$  to 50% for each  
pulse polarity  
Output Impedance .....  $100\Omega$  (each output)  
Short Circuit Current .....  $50mA \pm 10\%$  (each output)

## ELECTRICAL (con't)

### Display

Type .....	Monochrome CRT
Size .....	2.8" (7cm) diagonal
Acceleration Potential .....	1320VDC $\pm$ 20VDC (regulated)

### Power Requirements

* AC Line Voltage .....	100VAC, 115VAC, or 230VAC
Frequency .....	47 Hz - 400 Hz
Power .....	20 Watts max
Line Fuse .....	$\frac{1}{4}$ Amp type AGC (internal - operator replaceable)

\* Note: 115VAC and 230VAC are selectable via an internal switch. 100VAC models will only work at that voltage.

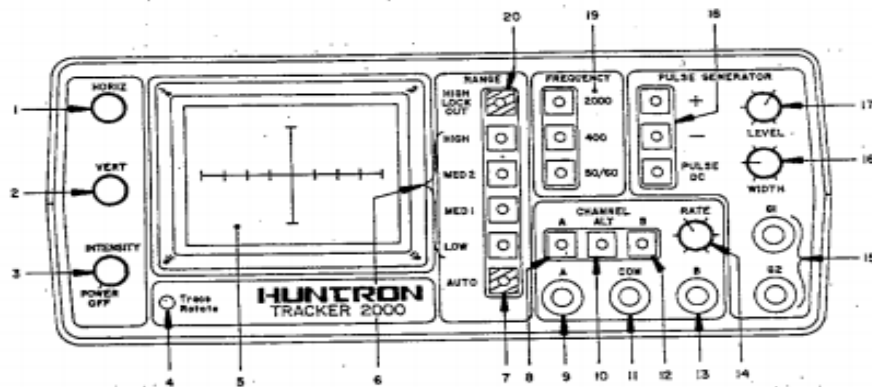
## GENERAL

Size .....	9" W x 4" H x 11" D (23cm W x 10cm H x 28cm D)
Weight .....	6 lbs. 8 oz. (3.0 kg)
Shock and Vibration .....	will withstand shock and vibration encountered in commercial shipping and handling.

## ENVIRONMENTAL

Operating Temperature .....	0°C to +50°C (32°F to 122°F)
Storage Temperature .....	-50°C to +60°C (-58°F to +140°F)
Relative Humidity .....	0 to 70% R.H.

## Partes del Huntron Tracker 2000



Item No.	Name	Function
1	HORIZ Control	Controls the horizontal position of the CRT display.
2	VERT Control	Controls the vertical position of the CRT display.
3	INTENSITY Control Power On/Off Switch	Controls the intensity of the CRT display. Power Switch: Rotate clockwise to turn on.
4	TRACE ROTATE Control	Controls the trace rotation of the CRT display.
5	CRT Display	Displays the component signatures produced by the 2000.
6	Range Selectors	Push buttons that select one of four impedance ranges: low, medium 1, medium 2, and high.
7	AUTO Switch	Push button that initiates automatic scanning of the four ranges from low to high. The scanning speed is determined by the RATE control (see item #14).
8	Channel A Switch	Push button that causes channel A to be displayed.
9	Channel A Test Terminal	Fused test lead connector that is active when channel A is selected. All test lead connectors accept standard banana plugs.
10	ALT Switch	Push button that causes the 2000 to alternate between channel A and channel B at a speed determined by the RATE control (see item #14).
11	COM Test Terminal	Test lead connector that is instrument common and the common reference point for both channel A and channel B.
12	Channel B Switch	Push button that causes channel B to be displayed.
13	Channel B Test Terminal	Fused test lead connector that is active when channel B is selected.
14	RATE Control	Controls the rate of channel alternation and/or range scanning.
15	G1 & G2 Terminals	Pulse generator output test lead connectors.
16	WIDTH Control	Controls the duty cycle of the internal pulse generator.
17	LEVEL Control	Controls the amplitude of the internal pulse generator.
18	Pulse Generator Selectors	Push buttons that select various output modes of the pulse generator: Positive (+), Negative (-), and PULSE/DC.
19	Frequency Selectors	Push buttons that select one of the three test signal frequencies: 50/60 Hz, 400 Hz, and 2000 Hz.
20	HIGH LOCKOUT Switch	Push button that activates a mode where it is not possible to enter the high range either by manual or automatic range selection.