

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**"Propuesta de un laboratorio de ensayos no destructivos para la
Escuela de Ingeniería Mecánica"**

PRESENTADO POR:

MARIO ERNESTO FLORES PARADA

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2010.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

ING. JUAN ANTONIO FLORES DIAZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**"Propuesta de un laboratorio de ensayos no destructivos para la
Escuela de Ingeniería Mecánica"**

Presentado por:

MARIO ERNESTO FLORES PARADA

Trabajo de Graduación Aprobado por :

Docentes Directores :

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEON TORRES

ING. JUAN ANTONIO FLORES DIAZ

San Salvador, Julio de 2010

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. FRANCISCO ALFREDO DE LEON TORRES

ING. JUAN ANTONIO FLORES DIAZ

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso:

Por guiarme, protegerme, iluminarme día tras día para alcanzar esta meta la cual ha sido extremadamente difícil de alcanzar

A mis Padres:

A quienes les debo todo en esta vida y que han estado conmigo desde mi primer aliento de vida, guiándome por el camino de la rectitud, enseñándome como ser un hombre correcto, apoyándome a cada momento; sin quienes nunca habría podido llegar a ser lo que soy; ustedes que han sido la piedra angular de mi vida nunca podré pagarles tanto amor y paciencia que me han dado. Son y siempre serán para mi los mejores padres de este mundo.

Y si el Altísimo me da la oportunidad de volver a nacer le pediré con todo mi corazón volver a tenerlos a ustedes como mis padres

A Mi hermano:

Tu sabes que muchas veces pensamos de modo distinto pero aun así yo se que siempre podré confiar en ti, gracias por ayudarme cuando he necesitado de tu ayuda.

A Kenny:

Mi compañera de vida la que me cuida, que esta a mi lado desde que nos conocimos, la que hace que todo a su alrededor se ilumine con una sonrisa suya, que me diste la oportunidad de hacerme sentir lo que es ser un padre, yo se que juntos saldremos adelante.

A mis Amigos:

Mauricio, Elvis, Andrés, Wilson, Elmer, Kelvin, Ricardo, Manuel, Alexis, Juan Carlos, Efraín, Edwin, Nelson, Alex, Henri, Moroni, William, Miles, Guillermo, Isaac, Osmin, Iván, Pedro, Salvador, Margarita, Herbert y todos los demás que son y que han sido miembros de la ASEIM para todos ustedes no queda mas que decirles gracias por que ustedes mas que nadie saben lo difícil que es el camino que hemos elegido.

Mario Ernesto Flores Parada.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores:

El Ingeniero Francisco Alfredo De Leon Torres. Sin cuya guía no hubiera sido posible finalizar mi carrera, el cual no ha sido para mi solo mi maestro sino también mi amigo.

El Ingeniero Juan Antonio Flores Díaz. Por su apoyo para que este trabajo alcanzara la meta que nos propusimos, así como a sus enseñanzas que he recibido a través de mi carrera.

INDICE

Introducción.....	1
1.0 Líquidos penetrantes.....	2
1.1 Alcance.....	3
1.2 Método de aplicación de los líquidos penetrantes en Pruebas No Destructivas	5
1.2.1. Preparación y limpieza de la pieza	7
1.2.2. Aplicación del penetrante.....	8
1.2.3. Eliminación del exceso de penetrante.....	9
1.2.4. Aplicación del revelador.....	11
1.2.5. Inspección final de la pieza.....	11
1.2.6. Limpieza final.....	12
1.3. Tiempo de penetración.....	12
1.4. Guía de selección del proceso.....	14
1.5. Características del penetrante fluorescente.....	15
1.6. Diagrama general de la aplicación de líquidos penetrantes.....	16
1.6.1. Proceso a: penetrante fluorescente lavable con agua	17
1.6.2. Proceso b: penetrante fluorescente post – emulsificado.....	18
1.6.3. Proceso c: penetrante fluorescente removido con solvente.....	19
1.6.4. Proceso a: penetrante visible lavable con agua.....	20
1.6.5. Proceso b: penetrante visible post – emulsificado.....	21
1.6.6. Proceso c: penetrante visible removido con solvente.....	22
1.7. Costos de los equipos.....	22
1.8. Conclusiones.....	24
2.0 Termografía.....	25
2.1 Rayos infrarrojos.....	26
2.2 Alcance.....	28
2.3 Realización de la prueba.....	28
2.4 Reportes.....	29
2.5 Aplicaciones.....	30
2.5.1 Eléctricas.....	30
2.5.2 Mecánicas.....	31
2.5.3. Procesos.....	31
2.6 Ejemplos de aplicaciones de la termografía.....	32
2.7 Costos de los Equipos a seleccionar.....	35
2.8 Conclusiones.....	36
3.0 Ultra sonido.....	37
3.1. Inspección ultrasónica.....	38
3.2. Transductores o Palpador.....	42
3.3. Acoplante.....	49
3.4. Procedimiento para la realización de la prueba.....	50
3.5. Bloque de calibración.....	50
3.6. Costos de los Equipos.....	51
3.7. Conclusiones.....	53
4.0 Vibraciones.....	54
4.1. Descripción.....	55
4.2. Exactitud en el diagnostico de fallas.....	57

4.3. Detalle de la prueba.....	59
4.4. Análisis de la forma de la onda.....	60
4.5. Análisis de vibraciones en maquinas.....	61
4.6. Ejemplo de medición y análisis de vibraciones en un conjunto bomba- motor.....	65
4.7. Evolución de una falla por picadura.....	69
4.8. Medición de vibración.....	70
4.9. Transductores de medición de vibración.....	71
4.9.1. Acelerómetros.....	72
4.9.2. Acelerómetros de alta impedancia.....	73
4.9.3. Acelerómetros piezometricos.....	73
4.9.4. Transductores de piezovelocidad.....	75
4.9.5. Otras clases de acelerómetros.....	75
4.9.6. Transformador diferencial variable lineal.....	75
4.9.7. Transductor de desplazamiento.....	76
4.9.8. Transductor de desplazamiento tipo capacitivo.....	76
4.9.9. Vibrometros doppler laser.....	77
4.9.9.1 Interferometria.....	77
4.9.9.2. Áreas de aplicación.....	78
4.9.9.3. Equipos de procesamiento y visualización.....	78
4.10. Fabricantes de instrumentos de medición de vibración.....	79
4.11. Costos de los equipos.....	80
4.12. Conclusiones.....	80
5.0 Corrientes parásitas.....	81
5.1. Inspección por corrientes parásitas.....	82
5.2. Alcance de la prueba.....	82
5.3. Descripción de la prueba.....	82
5.4. Procedimiento.....	84
5.5. Interpretación de los resultados.....	85
5.6. Costos de los equipos.....	86
5.7. Conclusiones.....	86
6.0 Partículas magnéticas.....	87
6.1. Descripción de inspección por partículas magnéticas.....	88
6.2. Alcance de la prueba.....	92
6.3. Preliminares antes de la prueba.....	92
6.4. Ventajas y desventajas.....	93
6.5. Costos de los equipos.....	94
6.6. Conclusiones.....	95
7.0. Propuestas de guías para la implementación de los ensayos a llevar a cabo dentro del laboratorio.....	96
7.1. Propuesta de pruebas a realizar dentro del laboratorio.....	97
7.2. Procedimiento para ensayo de líquidos penetrantes.....	98
7.3. Formato de registro de examen por líquidos penetrantes.....	101
7.4. Reporte para corrientes parásitas.....	103
7.5. Formato de registro en examen por partículas magnéticas.....	104
8.0. Perfil para proyectos de la Universidad de El Salvador.....	105
8.1 Aspectos Generales del Proyecto.....	106

8.1.1 Nombre del Proyecto.....	106
8.1.2 Entidad Ejecutora del Proyecto.....	106
8.1.3 Entidad Operadora del Servicio	106
8.2. Identificación del Problema que se desea Solucionar o Potencialidad que se Pretende Desarrollar con el Proyecto.....	106
8.2.1 Diagnóstico de la Situación Actual.....	106
8.2.1.1 Aspectos Generales: Ubicación Geográfica, Vías de Acceso.....	106
8.2.1.2 Demanda y Oferta de los Servicios	107
8.2.1.3 Análisis de la Situación Actual.....	107
8.2.1.3.1 Planteamiento del Problema.....	107
8.3. Alternativa de Inversión Planteada Como Proyecto.....	108
8.3.1 Objetivo.....	108
8.3.2 Descripción del Proyecto.....	109
8.3.3 Justificación del Proyecto.....	109
8.3.4 Localización del Proyecto.....	109
8.3.5 Tamaño del Proyecto.....	114
8.3.5.1 Construcción.....	115
8.3.6 Costos Estimados de Pre-inversión.....	115
8.3.7 Costos Estimados de Inversión.....	115
8.3.8 Costos de Funcionamiento.....	115
8.3.9 Evaluación del Proyecto.....	116
8.3.10 Beneficiarios.....	116
8.3.11 Resultados Esperados.....	116
8.3.12 Organización para la Ejecución.....	116
8.3.13 Organización para la Operación.....	116
Anexos.....	117
Anexo A. Inventario de insumos para pruebas de Líquidos penetrantes.....	118
Anexo B. Inventario de insumos para pruebas de Infrarrojos.....	120
Anexo C. Inventario de insumos para pruebas de Ultrasonido.....	132
Anexo D. Inventario de insumos para pruebas de Vibración.....	162
Anexo E. Inventario de insumos para pruebas de Corrientes parásitas.....	171
Anexo F. Inventario de insumos para pruebas de Partículas Magnéticas.....	177
Anexo G. Tabla de propiedades de materiales para pruebas de ultrasonido.....	179
Anexo H. Tabla de costos de transporte.....	180
Bibliografía.....	182



Introducción

Se ha Escrito el presente texto “Propuesta de un laboratorio de ensayos no destructivos para la Escuela de Ingeniería Mecánica” guiado por el objetivo fundamental de ir cristalizándose lo que se puede describir como uno de los objetivos prioritarios que esta escuela se ha planteado, que es preparar a los futuros ingenieros en las nuevas técnicas de mantenimiento predictivo; esto se ha ido visualizando a través de tesis que se han realizado enfocándose en esta área como son: “Manual de aplicaciones de herramientas y técnicas del mantenimiento predictivo” y también “Diseño y construcción de equipo de laboratorio para ensayo de vibraciones mecánicas”; las cuales han servido de apoyo en sus respectivas áreas para la elaboración de esta propuesta.



Capítulo 1
Líquidos penetrantes.



1.0 Líquidos Penetrantes

1.1 Alcance

A continuación se presentaran los requerimientos mínimos que esta practica establece para manejar líquidos penetrantes, cuando esta evaluación se realiza en metales y componentes no metálicos siempre que el material sea homogéneo que no sea poroso, vidrio, plástico y algunos materiales cerámicos .

El procedimiento de evaluación de líquidos penetrantes es utilizado para la detección de discontinuidades, tales como falta de fusión, corrosión, grietas, recubrimientos y porosidades que están abiertas o conectadas a la superficie de los componentes que están siendo evaluados.

Cabe mencionar que debe tenerse gran cuidado en el uso de elevadas temperaturas en componentes manufacturados de materiales termoplásticos. Algunos líquidos penetrantes pueden tener efectos nocivos en materiales no metálicos tales como los plásticos. Se vuelve prioritario antes de realizar la prueba, una evaluación para asegurar que ninguna de las sustancias que se utilizara para realizar la prueba sea dañina para los componentes a evaluar.

Propiedad física	Capacidad del Penetrante	Capacidad del Revelador
Capilaridad	Alta	Baja
Tensión superficial	Baja	Alta
Adherencia	Baja	Alta
Cohesión	Baja	Alta
Viscosidad	Baja	Alta
Partículas	Pequeñas	Grandes

Tabla 1. Propiedades Físicas de Líquido Penetrante y Líquido Revelador.



-
- Tensión superficial: Es una de las propiedades más importantes. Se requiere una tensión superficial baja para obtener buenas propiedades de penetración y mojado
 - Poder humectante: El penetrador debe ser capaz de mojar completamente la superficie del material y es una de las propiedades más importantes. Esto se refiere al ángulo de contacto del líquido con la superficie, el cual debe ser lo mas bajo posible.
 - Viscosidad: Esta propiedad no produce efecto alguno en la habilidad del líquido para penetrar, aunque afecta la velocidad de penetración. Los penetrantes de alta viscosidad penetran lentamente, en tanto que los de baja viscosidades escurren muy rápido y tiene la tendencia a no ser retenidos en los defectos de poca profundidad; por lo tanto se recomienda una viscosidad media.
 - Volatilidad: Los líquidos penetrantes no deben ser volátiles. Si existe una evaporación excesiva de los productos del penetrante, se verá afectada la sensibilidad de todo el proceso, debido tanto al desequilibrio de la formula, como a la perdida del poder humectante.
 - Gravedad específica o densidad relativa: No juega un papel directo sobre el comportamiento de un penetrante dado; sin embargo, con densidades bajas se facilita el transporte de materiales extraños que tenderán a sedimentar en el fondo cuando se usan tanques abiertos. La mayoría de los líquidos penetrantes tienen densidades relativas que varían entre 0.86 y 1.06, A 16 °C, por lo general la densidad es menor a 1.
 - Punto de inflamación: Como medida de seguridad practica los líquidos penetrantes deberán poseer un punto de inflamación elevado con el fin de reducir los peligros de incendio. Generalmente el punto de inflamación es mayor de 95 °C y en recipientes abiertos no debe ser menor de 65 °C.
 - Inactividad química: Los productos usados en la formulación de los líquidos penetrantes deben se inertes y no corrosivos con respecto a los materiales a ser ensayados y a los recipientes que los contienen.
 - Capacidad de disolución: El penetrante debe tener una elevada capacidad para contener grandes concentraciones de pigmentos coloreados o fluorescentes usados y mantenerlos en solución.



1.2 Método de aplicación de los Líquidos Penetrantes¹.

Se aplica el líquido penetrante a la superficie de la pieza a ser examinada, permitiendo que penetre en las aberturas del material, después de lo cual el exceso del líquido es removido. Se aplica entonces el revelador, el cual es humedecido o afectado por el penetrante atrapado en las discontinuidades de esta manera se incrementa la evidencia de las discontinuidades, tal que puedan ser vistas ya sea directamente o por medio de una lámpara o luz negra.

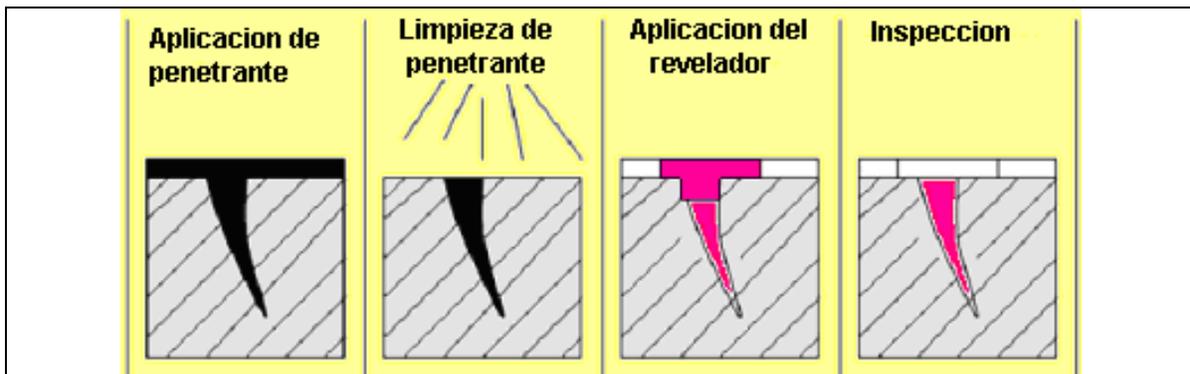


Figura 1. Pasos a seguir para realizar prueba de Líquidos Penetrantes.

Clasificación de los líquidos penetrantes

A:	Penetrante Fluorescente	1	Lavables con Agua.
		2	Postemulsificables.
		3	Removibles con Solvente.
B:	Penetrante Coloreado	1	Lavables con Agua.
		2	Postemulsificables.
		3	Removibles con Solvente.
C:	Penetrante de Uso Dual	1	Lavables con Agua.
		2	Postemulsificables.
		3	Removibles con Solvente.
D:	Penetrante para Usos Especiales		

Tabla.2. Clasificación de Líquidos Penetrantes según Norma IRAM-CNEA Y 500-1001 (1986)

Removedores: se agrupan en tres clases:

- a) agua
- b) emulsionantes
 - 1) de base oleosa



2) de base acuosa

c) disolventes

Reveladores: pueden ser.

I) Polvos secos.

II) Dispersiones y soluciones acuosas:

a) dispersión de polvo en agua.

b) solución de polvo en agua.

III) Suspensión de polvo en disolventes volátiles no acuoso.

a) no inflamable.

b) inflamable.

Penetrantes		Removedor del penetrante en exceso		Revelador	
Código	Designación	Código	Designación	Código	Designación
A	Fluorescente	A	Solvente Líquido	A	Seco
B	Coloreado	B	Agua y Solvente	B	No Acuoso
C	Fluor. y Coloreado	C	Agua	C	Acuoso
		D	Emulsificador Hidrofilico (base agua)		
		E	Emulsificador Lipofilico (base aceite)		

Tabla.3. Clasificación de Líquidos Penetrantes según Norma DIN 54 152 (1989)

Designación	Método	Símbolo
Fluorescente	Lavable con Agua	FA
	Postemulsificable	FB
	Removible con Solvente	FC
Coloreado	Lavable con Agua	VA
	Removible con Solvente	VC
Método de Revelado Seco	Revelador Seco	D
Método de Revelado Húmedo	Revelador Húmedo Acuoso	W
	Revelador Húmedo No Acuoso	S
Método sin Revelado	Sin Revelador	N



Tabla.4. Clasificación de Líquidos Penetrantes según Norma JIS Z 2343 (1982)

Tipo I Fluorescente	
Método	Descripción
A	Lavable con agua (ASTM E-1200)
B	Postemulsificable Lipofilico (ASTM E-1208)
C	Removible con Solvente (ASTM E-1219)
D	Postemulsificable Hidrofilico (ASTM E-1210)
Tipo II Coloreados	
Método	Descripción
A	Lavables con Agua (ASTM E-1418)
C	Removible con Solvente (ASTM E-1220)

Tabla.5. Clasificación de Líquidos Penetrantes según Norma ASTM: E 165-94.

Tipo I = Penetrante fluorescente

Tipo II = Tintas permanentes o visibles

Proceso A = Penetrante lavable en agua

Proceso B = Penetrante postemulsificado

Proceso C = Penetrante removido con solvente

Revelador seco: Grano fino se aplica por espolvoreado, rociado o sumergido.

Revelador no acuoso: Es una suspensión absorbente, aplicado por rocío

Revelador húmedo: Es una suspensión absorbente de polvo en agua, se aplica por inmersión.

Portátil (atomizador)

Estacionario (inmersión)

Simple vista Spotcheck® (portátil)

Luz negra Syglo® (estacionario)

Tipo de Líquido	Portátil	Estacionario
Líquido penetrante	Rojo	Verde (fluorescente)
Removedor	Incoloro	Incoloro
Revelador	Blanco	Blanco

Tabla 6.. Descripción de los colores en las sustancias utilizadas en la prueba de ensayos no destructivos².



1.2.1. Preparación y limpieza de la pieza:

Limpiar cuidadosamente la superficie a inspeccionar de pintura, aceite, grasa y otros contaminantes. Será necesario eliminar los restos de óxidos, pinturas, grasas, aceites, taladrinas, carbonillas, etc. Y esto se hace por métodos químicos, ya que los mecánicos, están prohibidos por la posibilidad que tiene su aplicación de tapar defectos existentes.

Se pueden usar todos aquellos procesos que dejen a la superficie limpia y seca; que no dañen al espécimen y que no empleen productos que sean incompatibles con los componentes.



Figura 2. Se muestra la forma en que se realiza la limpieza de una pieza.

Soluciones detergentes en caliente por inmersión, desengrase en fase de vapor o desengrase mediante disolvente, son los principales métodos para eliminar grasas y aceites. Los óxidos y las carbonillas térmicas se eliminarán con desoxidantes alcalinos o ácidos y a veces, principalmente en superficies rectificadas se hace un ataque ácido a fondo que abre las grietas durante la operación. Las pinturas se eliminan con productos cáusticos en caliente o basados en ellos.

1.2.2. Aplicación del penetrante.

Los penetrantes se aplican por inmersión, rociado con un cepillo o brocha, vertiendo el líquido sobre la pieza o cualquier otro método, que cubra la zona que se inspecciona.



Figura 3. Muestra el momento en que se aplica Liquido Penetrante

Será necesario obtener una película fina uniforme en toda la superficie y se deberá esperar un tiempo llamado tiempo de penetración para que el líquido penetre en grietas. Este tiempo oscila entre los 5 y 15 minutos dependiendo del material y la clase de grietas.

1.2.3. Eliminación del exceso de penetrante.

Se debe retirar la capa superficial del penetrante de forma que lo único que permanezca sea el que se hubiera alojado en las discontinuidades.

Se entiende por exceso de penetrante todo líquido que no se ha introducido en los defectos y que permanece sobrante sobre la superficie de la pieza a inspeccionar.



Figura 4. Se muestra como se remueve el exceso de Liquido Penetrante.

Esta etapa es crítica y de su correcta realización dependerá el resultado final de la inspección, ya que es necesario eliminar y limpiar el exceso de penetrante de tal modo que no extraigamos el penetrante introducido en los defectos. Si no se ha eliminado perfectamente el líquido penetrante, en la inspección final aparecerán manchas de penetrante produciendo indicaciones falsas e incluso, el enmascaramiento de las grietas. Para saber si hemos eliminado bien el exceso de penetrante es necesario hacer una



inspección visual. Es aconsejable quitar en primer lugar la mayor parte del penetrante con trapos o papel absorbente y después eliminar el resto utilizando trapos o papel ligeramente impregnados en disolvente.

Luego de que el tiempo de penetración ha transcurrido, se procederá a la remoción del excedente superficial cuidado de no remover aquel que está retenido en las discontinuidades.

El resultado de esta etapa debe ser evaluado bajo luz blanca para penetrantes coloreados y bajo luz negra para fluorescentes. La remoción dependerá del tipo de penetrante utilizado.

a) Penetrantes lavables con agua: dado que el LP contiene dentro de su formulación el emulsificador, puede ser removido directamente con agua. Esto se realiza con dispositivos (boquillas) que permitan aplicar una vasta lluvia o rociado de agua que no exceda una presión de 2 Kg /cm² (200 kPa) y a una temperatura entre 10 a 40 °C y no mayor a 43 °C (110°F).

El lavado deberá realizarse de tal forma que el chorro de agua no sea perpendicular a la superficie sino con un cierto ángulo. Como muestra la Figura.

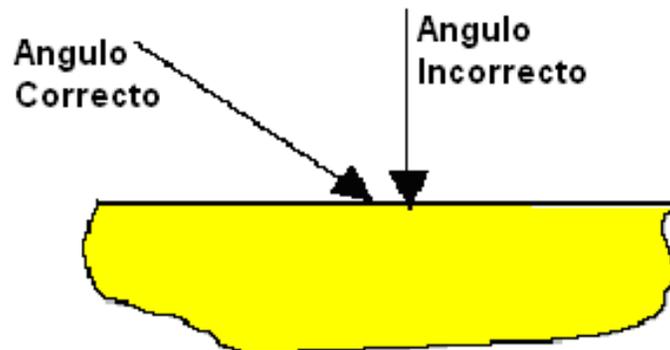


Fig. 5. Muestra el ángulo correcto de flujo de agua. En el proceso de lavado para la remoción del exceso de líquidos penetrantes.

Se tendrá especial cuidado de no producir un sobre lavado realizando este paso bajo luz blanca con penetrantes coloreados y bajo luz negra para fluorescentes. Otra indicación importante es que el lavado para LP fluorescentes deberá hacerse de abajo hacia arriba para



evitar el velo fluorescente que se produce sobre la pieza por el chorreado. En piezas fundidas donde la fluorescencia puede ser muy tenaz es posible la inmersión de la pieza y un rociado posterior siempre y cuando se tenga un buen control para evitar el sobre lavado.

b) Penetrantes postemulsificables lipofílicos: los penetrantes de esta categoría no poseen el emulsificador incorporado por lo que se requerirá una etapa adicional de emulsificación sobre el LP en exceso.

1.2.4. Aplicación del revelador.

Aplicar el revelador y dejarlo actuar.

El revelado es la operación que hace visible al ojo humano la posición del defecto. El revelador es básicamente un producto en polvo de compuestos químicos blancos, inertes y con una granulometría tal que dispone de un gran poder de absorción. Una vez aplicado el revelador, hay que esperar un tiempo para que absorba el penetrante, este tiempo oscila entre 5 y 15 minutos.

Durante la preparación de las piezas para la inspección es necesario secarlas después de la aplicación del revelador húmedo o eliminar el remanente antes del uso del polvo revelador seco.



Figura 6. Se puede observar el momento en que se aplica el Revelador.



1.2.5. Inspección final de la pieza.

Una vez transcurrido el tiempo de revelado, se procede a la inspección de los posibles defectos de las piezas procesadas.

El tiempo de revelado depende del tipo de penetración, del revelador y del defecto, pero deberá permitirse tiempo suficiente para que se formen las indicaciones. La inspección se realiza antes de que el penetrante comience a exudar sobre el revelador hasta el punto de ocasionar la pérdida de definición⁶.

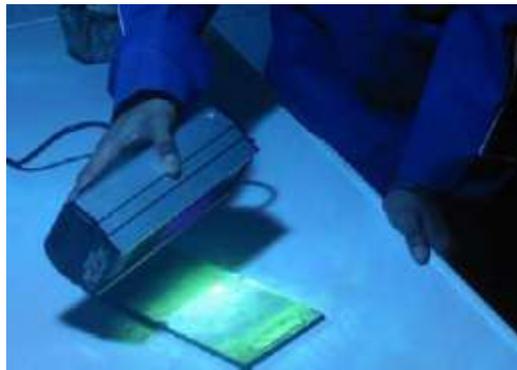


Figura 7. Presenta la forma en que se realiza la inspección para encontrar fallas.

El proceso de inspección se compone de tres etapas.

- A. Inspección.
- B. Interpretación.
- C. Evaluación.

Una regla práctica es que el tiempo de revelado nunca debe ser menor a siete minutos.

- Indicaciones relevantes. Son las causadas por discontinuidades que están generalmente presentes en el diseño.
- Indicaciones falsas. Son el resultado de alguna forma de contaminación con penetrantes, estas indicaciones no pueden referirse a ningún tipo de discontinuidad.

1.2.6. Limpieza final.

Se debe llevar a cabo en razón de los productos usados en el ensayo.



Figura 8. Aquí se ve como se realiza la limpieza final.

1.3. Tiempo de Penetración.

Material	Proceso	Tipo de discontinuidad	Tipo I Y II	Tipo I Y II	Tipo I Y II
			Proceso A	Proceso B	Proceso C
Aluminio	Fundición	Porosidades	5 a 10 min	5 min	3 min
	Extrusión y forja	Traslapes	NR	10	7
		Falta de fusión	30	5	3
	Todos	Porosidades	30	5	3
	Todos	Grietas	30	10	5
		Grietas de fatiga	NR	30	5
Magnesio	Fundición	Porosidades	15	5	3
	Extrusión y forja	Traslapes	NR	10	7
		Falta de fusión	30	10	5
	Todos	Porosidades	30	10	5
		Grietas	30	10	5
		Grietas de fatiga	NR	30	7
Acero	Fundición	Porosidades	30	10	5
	Extrusión y forja	Traslapes	NR	10	7
		Falta de fusión	60	10	7
	Todos	Porosidades	60	10	7
		Grietas	30	10	7
		Grietas de fatiga	NR	30	10
Latón y bronce	Fundición	Porosidades	10	5	3
	Extrusión y forja	Traslapes	NR	10	7
		Falta de fusión	15	10	3
	Todos	Porosidades	15	10	3
Grietas		30	10	3	
Plásticos	Todos	Grietas	5 a 30	5	5



Vidrio	Todos	Grietas	5 a 30	5	5
Herramienta con punta de carburo		Falta de fusión	30	5	3
		Porosidades	30	5	3
		Grietas	30	20	5
Titanio y aleaciones a altas Temp.	Todos		NR	20 a 30	15
Todos metales	Todos	Esfuerzos o Granulación Interna	NR	240	240

NR = no recomendable

Tabla 7. Presenta los tiempos requeridos para que actúen los diferentes tipos de penetrantes con respecto a diversos materiales³.

1.4. Guía de Selección del proceso

En esta parte se encontraran los diversos tipos de aplicaciones para las cuales pueden ser utilizados dichos métodos y la respectiva orientación en cuanto a cual tipo de proceso resulta ser el mas adecuado para esa prueba.

PROBLEMA	PROCESO TIPO I Y II	OBSERVACIONES
Alta producción de artículos pequeños	A	Pequeñas cantidades mojadas en canastas
Alta producción de artículos grandes	B	Grandes forjas, extrusiones, etc.
Alta sensibilidad para discontinuidades finas	B	Indicaciones mas claras y mas brillantes
Discontinuidades superficiales, rayones, etc.	B	Puede controlarse la profundidad de emulsificación.
Artículos con rugosidad superficial	A	
Artículos con cuerdas y cuñeros.	A	El penetrante podría fijarse en las esquinas.
Artículos con rugosidad superficial media	A – B	La elección depende de los requerimientos de producción y sensibilidad.
Prueba por puntos.	C	
Se necesita equipo portátil.	C	



No se dispone de agua y electricidad	C	
Artículos anodizados, agrietados después del anodizado	C – B – A	De preferencia el orden indicado
Repetir el proceso	C	Cinco a seis repeticiones podrían ser el límite.
Detección de fugas	A – B	

Tabla 8. Presenta los procesos así como los tipos de Líquidos Penetrantes a ser utilizados ante diferentes situaciones.

1.5. Características del Penetrante Fluorescente

Ahora veremos con mayor detalle a través de una tabla las características tanto positivas como negativas de los tres tipos de pruebas para líquidos penetrantes que existen.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
LAVADO CON AGUA	<p>La fluorescencia asegura visibilidad Fácilmente lavable con agua. Grandes cantidades de especímenes pequeños. Superficies rugosas. Cuñeros y cuerdas. Amplio rango de discontinuidades. Rápido. Proceso sencillo.</p>	<p>Requiere luz negra y áreas oscuras. No es seguro en la detección de rayones y fallas superficiales. No es seguro volver a probar. No es seguro en superficies anodizadas. Ácidos y cromatos afectan la sensibilidad. Fácilmente sobre lavado. El penetrante está expuesto a la contaminación del agua.</p>
POST EMULSIFICADO	<p>La fluorescencia asegura visibilidad. Alta sensibilidad para discontinuidades muy finas. Bueno para discontinuidades superficiales.</p>	<p>Requiere luz negra y áreas oscuras. Requiere más paso. Requiere equipo para la aplicación de emulsivo. Difícil remoción del penetrante en</p>



	Fácilmente lavable con agua después de la emulsificación. Tiempo de penetración corto. No puede ser fácilmente sobre lavado	cuerdas, cuñeros, agujeros ciegos y superficies rugosas
REMOVIDO CON SOLVENTE	La fluorescencia asegura visibilidad Portátil. No requiere agua. Bueno sobre piezas anodizadas. Para verificación por puntos. Las piezas pueden ser re probadas	Requiere luz negra y áreas oscuras. Material inflamable. No puede usarse en tanques abiertos. Difícil su empleo sobre superficies rugosas tales como fundición de magnesio.

Tabla 9. Aquí encontramos las características principales que poseen los Líquidos Penetrantes Fluorescentes⁴.

1.6. Diagramas de Aplicación de Líquidos Penetrantes⁵

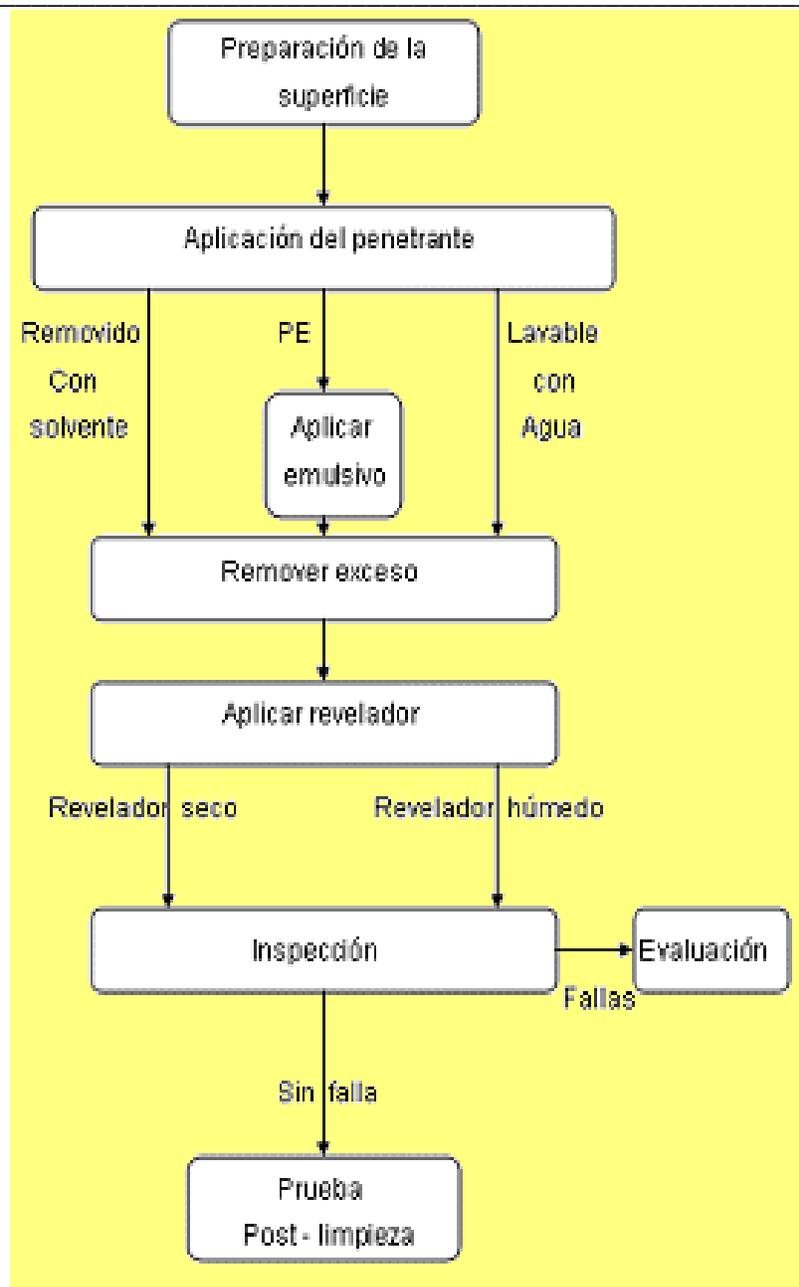


Fig.9. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para realizar correctamente la prueba de líquidos penetrantes.

1.6.1. Proceso A: Penetrante Fluorescente Lavable con Agua

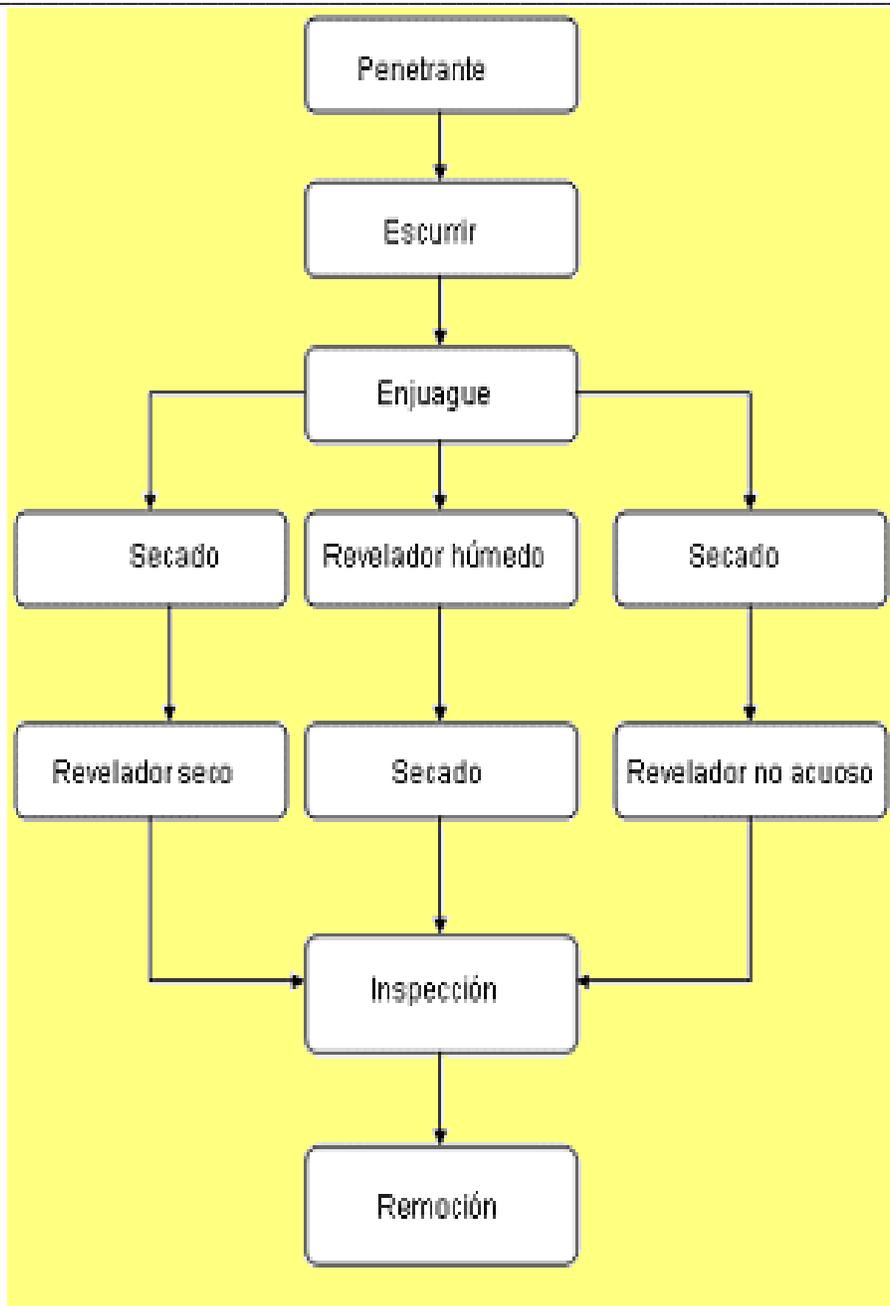


Fig.10. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para la realización de la prueba de líquidos penetrantes en su Proceso A: Penetrante Fluorescente Lavable con Agua.

1.6.2. Proceso B: Penetrante Fluorescente Post – Emulsificado

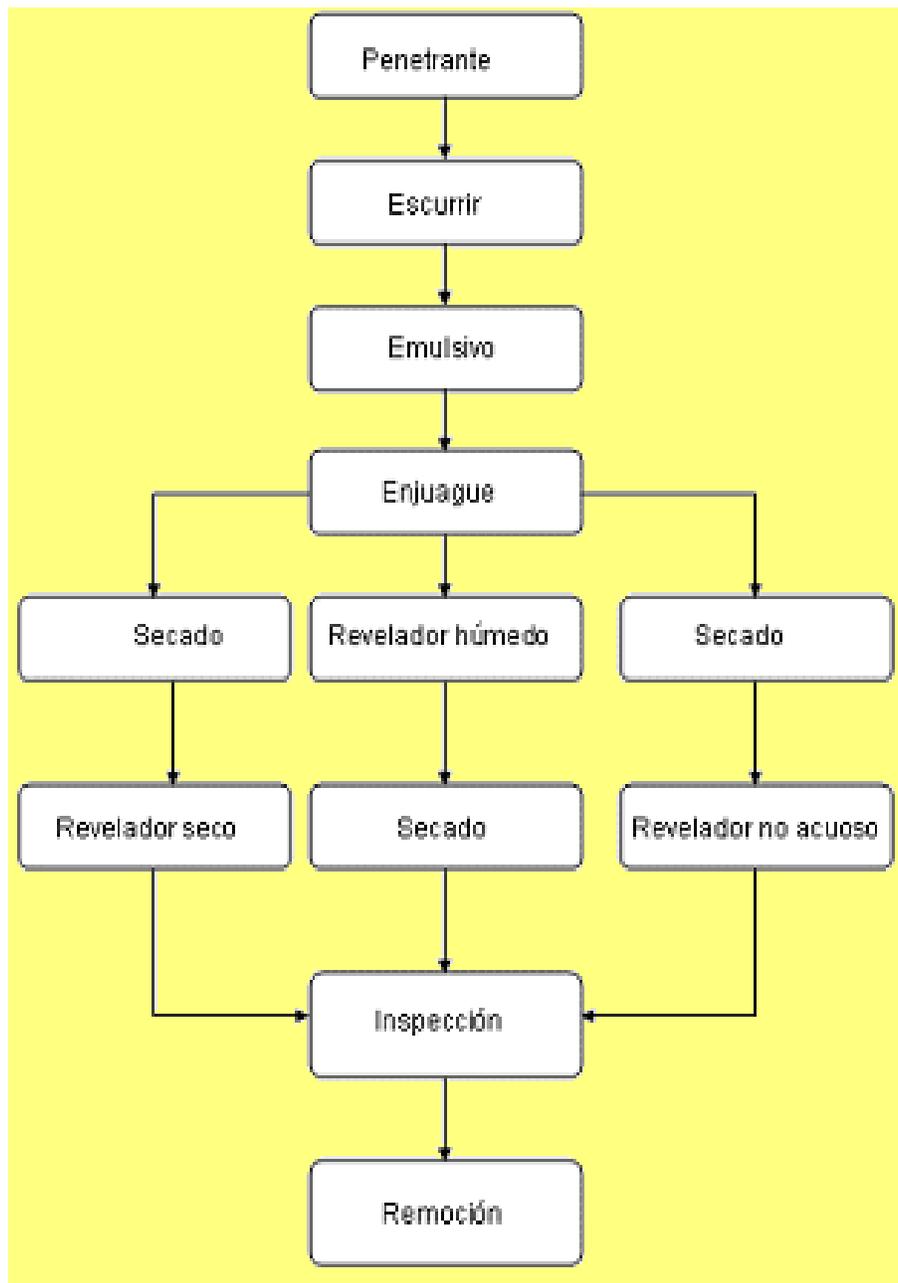


Fig.11. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para la realización de la prueba de líquidos penetrantes en su Proceso B: Penetrante Fluorescente Post – Emulsificado.

1.6.3. Proceso C: Penetrante Fluorescente Removido Con Solvente



Fig.12. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para la realización de la prueba de líquidos penetrantes en su Proceso C: Penetrante Fluorescente Removido Con Solvente.

1.6.4. Proceso A: Penetrante Visible Lavable con Agua



Fig.13. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para la realización de la prueba de líquidos penetrantes en su Proceso A: Penetrante Visible Lavable con Agua

1.6.5. Proceso B: Penetrante Visible Post – Emulsificado

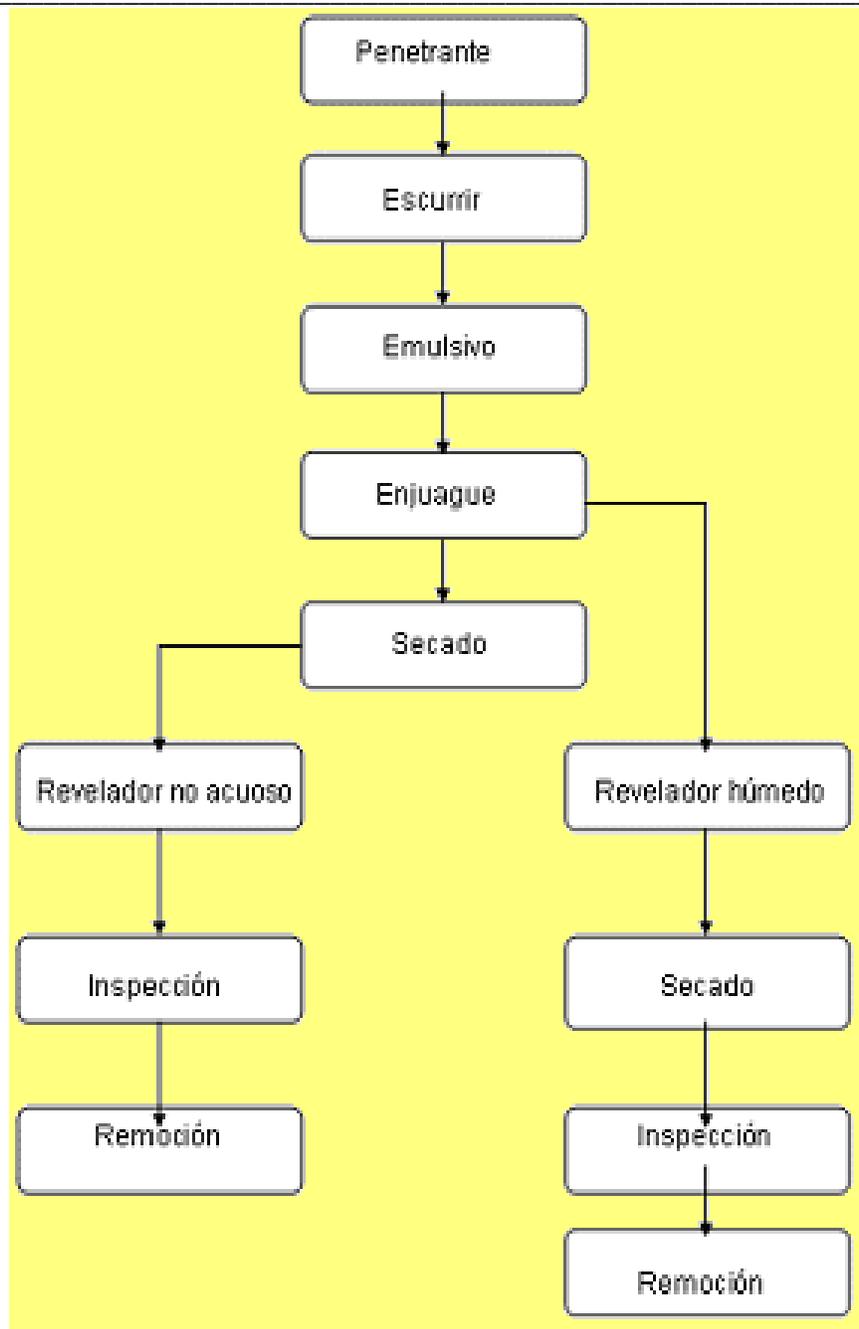


Fig.14. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para la realización de la prueba de líquidos penetrantes en su Proceso B: Penetrante Visible Post – Emulsificado.

1.6.6. Proceso C: Penetrante Visible Removido con Solvente

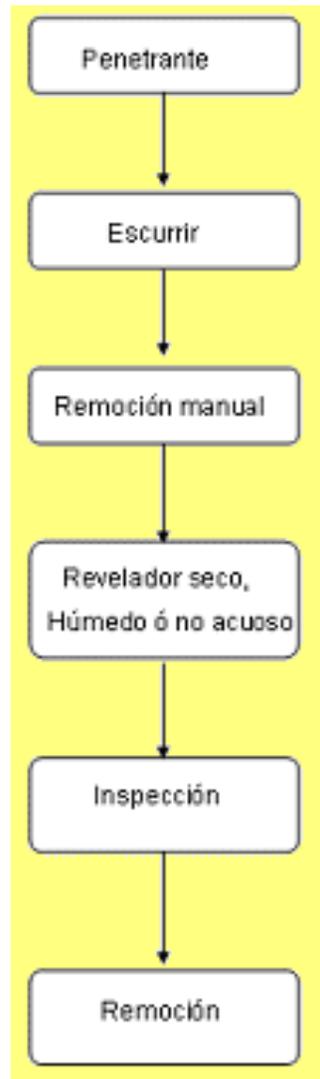


Fig.15. Diagrama que nos muestra los pasos a seguir para la realización de la prueba de líquidos penetrantes en su Proceso C: Penetrante Visible Removido con Solvente.

1.7. COSTOS DE LOS EQUIPOS

Proveedor:

GRAINGER® USA.

# Corr.	Cantidad y Modelo	Contenido	Descripción	Código identificador Grainger	Total precio FOB MIAMI US(\$)



1	64 SKL-SP1	Aerosol Penetrante (16 oz.)	1 Lata de Penetrante visible, tiene la apariencia de un liquido grasoso de color rojo oscuro.	3WU59	865.92
2	64 SKD-2	Aerosol Colorante Revelador (16 oz.)	1 Lata de Revelador para inspección por líquidos penetrantes, tiene un aspecto de liquido blanco, genera un olor a alcohol, altamente soluble en agua.	3WU60	791.04
3	128 SKC-S	Aerosol Limpiador (16 oz.)	1 Lata de Limpiador-removedor solvente para inspección penetrante, tiene un aspecto claro (liquido incoloro), no es soluble en agua.	3WU61	1514.24
4	1 SK-816	Juego Spotcheck® (8 latas)	1 Juego que Incluye 2 latas de aerosol penetrante (3WU59), 2 latas de aerosol colorante revelador (3WU60), 4 latas de Aerosol limpiador (3WU61) en un estuche portátil.	3WU62	117.60
5	1 SK-416	Juego Spotcheck® (4 latas)	1 Juego que Incluye 1 lata de aerosol penetrante (3WU59), 1 lata de aerosol colorante revelador (3WU60), 2 latas de Aerosol limpiador (3WU61) en un estuche portátil, paños limpiadores, un lápiz penetrante colorante.	3WU63	66.20
6	1	Juego Zyglo® (8 latas)	1 Juego que Incluye 1 lata de aerosol penetrante, 1 lata de aerosol revelador, 2 latas de Aerosol limpiador, una lámpara de luz ultra-violeta todo en un estuche portátil de plástico. El colorante fluorescente es muy sensible donde para visualizarlo se requiere una luz ultra-violeta	3WU64	730.00
7	4	Lápiz Colorante Rojo	1 Lápiz que Contiene penetrante colorante y puede ser utilizado las áreas a analizar son difíciles de alcanzar	1UYD5	333.20
8	4	Lápiz Colorante Verde fluorescente	1 Lápiz que Contiene penetrante colorante y puede ser utilizado las áreas a analizar son difíciles de alcanzar, es visible bajo luz ultra-violeta	1UYD6	333.20
				TOTAL	4989.00

Todos los equipos son marca MAGNAFLUX *para mayores detalles ver anexo A

1.8. CONCLUSIONES



•En este capítulo se ha considerado como se realiza el proceso de aplicación de líquidos penetrantes, las diferentes variantes de este, así también cuales son las aplicaciones en la industria para las cuales puede ser utilizado.

•Se ha visto que la prueba de líquidos penetrantes es de gran versatilidad ya que permite que los insumos para la prueba sean portátiles y se lleve a cabo su realización en el lugar donde se encuentre el elemento a analizar siempre y cuando sea en un área segura, bien ventilada, que posea las condiciones de luz adecuadas.

•Cabe mencionar que las presentaciones en las cuales se encuentran los insumos para la realización de la prueba pueden ser ya sea en latas tipo aerosol o en depósitos plásticos que contienen mayores cantidades.

Para la implementación de esta prueba en la escuela de Ingeniería Mecánica se ha determinado que resulta más práctico solamente la adquisición en su presentación de aerosol por muchas razones entre las que podemos mencionar: menor probabilidad de derrames, ser más práctico, fácil almacenaje, mayor seguridad para el usuario ya que al protegerse con guantes, lentes y mascarilla limita el contacto de este con los productos para la prueba a diferencia de los productos en su presentación líquida en la cual al requerirse una cuba (depósito) de gran tamaño capaz de permitir que sean sumergidos completamente los elementos a analizar en cada sustancia, se hace más susceptible a los derrames sobre los usuarios durante el procedimiento así como también hace al productos susceptibles de contaminarse fácilmente al no permanecer completamente cerrados o durante la prueba al no haber limpiado por completo el elemento analizado.



Capitulo 2 Termografía.

2.1 Rayos infrarrojos



Los ojos del ser humano son sensores diseñados para detectar luz visible (o radiación visible). Existen otras formas de luz (o radiación) que el ser humano no puede ver. El ojo humano sólo puede ver una pequeña parte del espectro electromagnético. En uno de los extremos del espectro no se puede ver la luz ultravioleta, mientras que en el otro los ojos no pueden ver toda la gama de frecuencias que se encuentran en el rango del espectro infrarrojo.

Las radiaciones infrarrojas se encuentran entre las zonas visibles e invisibles del espectro electromagnético. La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica. Cualquier objeto que tenga una temperatura por encima del cero absoluto (-273,15 grados centígrados ó 0 K) emite una radiación en la zona de infrarrojos. Incluso aquellos objetos que se piensa pudieran estar muy fríos como los cubitos de hielo, emiten radiación. El ser humano esta expuesto a la radiación infrarroja cada día. El calor que se siente del sol, de un fuego o de un radiador también es infrarrojo. Aunque los ojos no pueden verlo, los nervios de la nuestra piel pueden sentirlos como calor. Cuanto más caliente esté el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emitirá.

La principal técnica empleada en las pruebas infrarrojas es la *Termografía Infrarroja (TI)*. Esta técnica se basa en la detección de áreas calientes o frías mediante el análisis de la parte infrarroja del espectro electromagnético. La radiación infrarroja se transmite en forma de calor mediante ondas electromagnéticas a través del espacio. De esta forma, mediante el uso de instrumentos capaces de detectar la radiación infrarroja, es posible detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en los materiales.

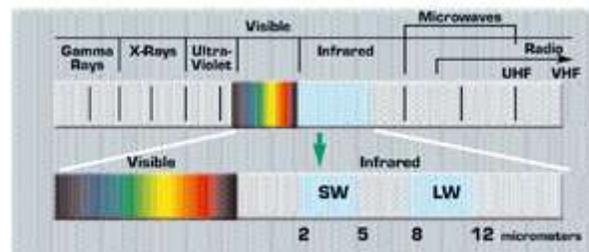


Figura 16. Aquí se observan como están distribuidas el rango de frecuencias en el espectro radial.

Generalmente, en la técnica de TI se emplean una o más cámaras que proporcionan una imagen infrarroja (termograma), en cual las áreas calientes se diferencian de las áreas frías



por diferencias en tonalidades. Como ejemplo, se puede observar la termografía de abajo, en la cual los tonos amarillos y rojizos representan las áreas calientes y los tonos azules y violetas representan las áreas frías.

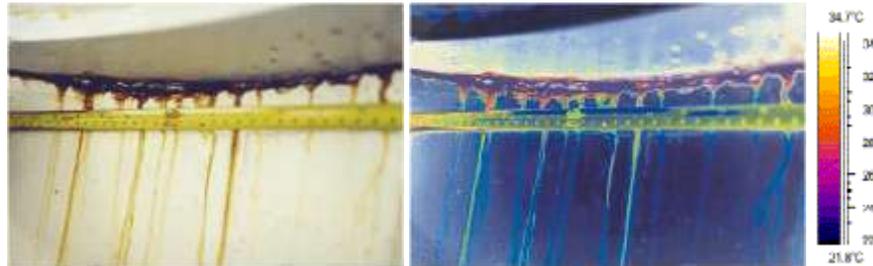


Figura 17. A la izquierda se puede observar a simple vista una fuga de aceite. A la derecha podemos ver la misma fuga a través de una cámara termográfica en la que se pueden ver las diferencias de temperaturas.

De esta forma se puede obtener un termograma típico de una pieza o componente sin discontinuidades. Posteriormente, si hubiese alguna discontinuidad, ésta interrumpirá el flujo o gradiente térmico normal, lo cual será evidente en el termograma.

La técnica de TI ofrece grandes ventajas: no se requiere contacto físico, la prueba se efectúa con rapidez incluso en grandes áreas, los resultados de la prueba se obtienen en forma de una imagen o fotografía, lo cual agiliza la evaluación de los mismos.

En general, existen dos principales técnicas de TI: La *termografía pasiva* y la *termografía activa*.

Técnicas de Termografía Infrarroja	
Termografía Pasiva	Consiste en simplemente obtener un termograma del componente en cuestión, sin la aplicación de energía. El componente por si mismo proporciona la energía para generar la imagen infrarroja. Ejemplos de la aplicación de ésta técnica los encontramos por ejemplo en la evaluación de un motor funcionando, maquinaria industrial, conductores eléctricos, etc.
Termografía Activa	En esta técnica, para obtener un termograma, es necesario inducir cierta energía al material o componente en cuestión. Muchas componentes, dadas sus condiciones de operación y servicio, son evaluados en forma estática o a temperatura ambiente, lo cual da lugar a que el termograma que se obtenga, presente un patrón o gradiente térmico uniforme, es en este tipo de situaciones en que la termografía activa tiene uso. Así, esta técnica puede ser empleada en la detección de laminaciones o inclusiones, las cuales representan variaciones en conducción de calor y por lo tanto son evidentes en el termograma.

Tabla 10. Muestra los 2 tipos de procedimientos termograficos utilizados.



Hoy en día la termografía infrarroja se utiliza exitosamente en numerosas aplicaciones, entre las cuales se puede nombrar detección de: discontinuidades sub-superficiales y superficiales como la corrosión, resistencia eléctrica, inclusiones, pérdida de material, grietas, esfuerzos residuales, deficiencias en espesores de recubrimiento, etc. El principal inconveniente puede ser el costo del equipo. Sin embargo, los resultados se obtienen rápidamente y la evaluación es relativamente sencilla, por lo que no se requiere mucho entrenamiento en el uso y aplicación de la técnica.

2.2 ALCANCE⁷

Las siguientes pruebas son para sistemas de imágenes termales convencionales con mira delantera infrarroja (FLIR) u otros tipos que utilizan un escáner óptico-mecánico.

Cubre la capacidad de determinación del diferencial mínimo detectable de temperatura (MDTD) de un sistema compuesto de imágenes térmicas como una función de el ángulo encerrado por la mira.

2.3 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

Se utilizara un objetivo circular en conjunto con un diferencial en un cuerpo negro (en el cual el equipo establecerá en dos zonas planares paralelas e isotermales un diferencial de temperatura, con una emisividad efectiva de 1.0) de la que se pueda establecer una temperatura isothermal del cuerpo negro y otra temperatura isothermal del cuerpo negro para el trasfondo con como objetivo designado.

El diferencial de temperatura entre el objetivo y el trasfondo será inicialmente de cero, el cual se ira incrementando hasta que el observador en un breve periodo de tiempo pueda apenas distinguir el objetivo.

Esta prueba dará una medida de la efectividad del sistema de imágenes termales para detectar un pequeño cambio térmico en algún punto, así como también puede ayudar en la detección de pequeños defectos en el material tales como falta de fusión, vacíos, hoyos, obstrucciones, inclusiones y grietas.

Hay que enfocar el sistema termal de imágenes directamente en el objetivo o en una proyección óptica del objetivo.



Se requiere hacer que la iluminación y la iluminación del ambiente en el laboratorio sean adecuadas para una confortable agudeza visual y una confortable vista.

Ya en la prueba hay que medir la distribución de la temperatura del objetivo y del trasfondo del objetivo con el equipo de imágenes termograficas. El objetivo debe ser medido desde al menos tres locaciones uniformemente espaciadas. El trasfondo debe ser medido en dos zonas: (zona 1) adyacente a el objetivo, (zona 2) mas allá de la zona 1 donde las mediciones en cada zona deben ser uniformemente distribuidas con el numero de la zona 2 mediciones iguales al doble de la zona 1, (zona 3) que es el objetivo.

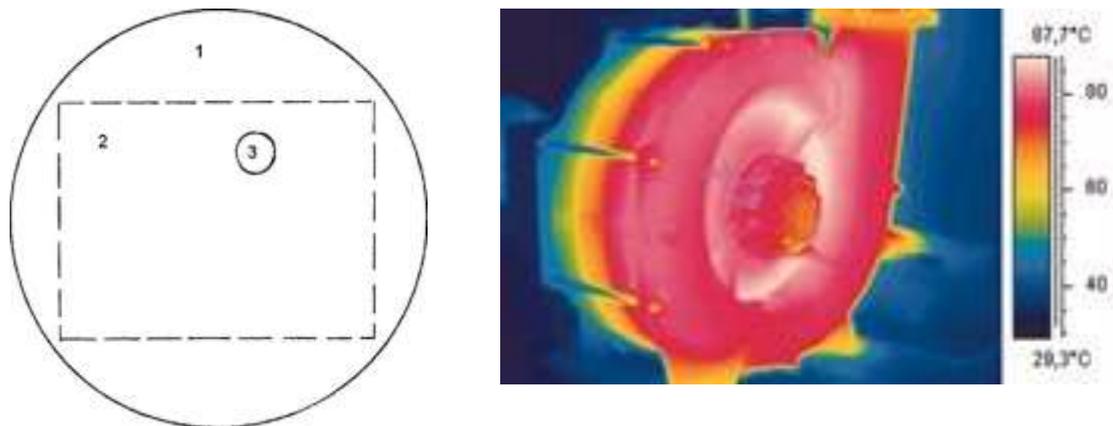


Figura 18. A la izquierda se muestra el campo de visión para una cámara termografica y a la derecha tenemos una muestra del campo de visión observando la operación de una bomba hidráulica⁸.

2.4 Reportes¹⁰

La elaboración de los reportes de inspección, es lenta y laboriosa. Se debe establecer claramente el alcance del reporte según el tipo de inspección infrarroja.

Los reportes pueden ser cualitativos, o cualitativos / cuantitativos. En la mayoría de las inspecciones en plantas industriales, un reporte cualitativo es suficiente.

La información que se debe incluir en cada reporte es:

Sumario ejecutivo (listado de máquinas que se inspeccionaron).

Sumario de excepciones. Una excepción, se conoce como un elemento operando fuera de su condición normal.



Ubicación de lugar de inspección, fecha y hora.

Responsable. Indicando los niveles de certificación que tenga el individuo.

Equipo usado y fecha de calibración, incluyendo accesorios usados, como lentes adicionales, filtros, grabadoras de video, cámaras fotográficas, etc.

Datos. Toda la información en termogramas y valores medidos, registros de emisividad. En algunos casos; la temperatura ambiente, humedad, velocidad de viento, entre otros.

El termografista, no podrá hacer recomendaciones definitivas, a menos que cuente con las certificaciones apropiadas. Un termografista con Nivel I, no podrá hacer registros y recomendaciones definitivas relacionadas a mediciones de temperatura en la superficie inspeccionada. Únicamente un termografista Nivel II podrá hacer estas recomendaciones.

En resumen, un reporte debe contener la información necesaria, precisa y suficiente. Es un error dedicar tiempo a la elaboración de informes con información excesiva o intrascendente.

2.5 Aplicaciones

2.5.1 Eléctricas

Ningún sistema eléctrico tiene una eficiencia de un cien por ciento. Siempre hay una pequeña cantidad de energía que se transforma en calor debido al paso de la corriente eléctrica. El tiempo, cargas elevadas o fluctuantes, vibraciones, fatiga de materiales, condiciones ambientales, etc. provocan que tanto los componentes como las superficies de contacto se vayan deteriorando, y por tanto aumentando la resistencia eléctrica.

Este aumento de resistencia lleva consigo inevitablemente un aumento de la temperatura del componente que en ocasiones puede producir problemas eléctricos como cortocircuitos o fallos en la alimentación a otros sistemas, pero además puede derivar en otros riesgos como incendios o daños personales.

Para poder detectar este incremento de temperatura sin modificar las condiciones de trabajo, será fundamental poder adelantarse a la avería y de esta manera evitar un posible desastre futuro. Es aquí donde la termografía infrarroja se convierte en un instrumento eficaz en el mantenimiento predictivo y preventivo ya que de una manera rápida y visual el termógrafo podrá determinar el estado de la instalación eléctrica así como el de los componentes que la forman.



Algunas de las aplicaciones de la termografía en el campo eléctrico son:

- Estado de conexiones, bornes y aisladores.
- Estudio e histórico de transformadores
- Estado de bobinados de motores / generadores, Armónicos, Inducciones,
- Desequilibrio de fases, etc...

2.5.2 Mecánicas

La temperatura en los sistemas mecánicos es de vital importancia, y viene definida por todos los fabricantes de máquinas y herramienta. Rozamientos, fricciones, desalineamiento, etc. pueden producir elevadas temperaturas que acorten la vida útil de las máquinas y sistemas de transmisión, o incluso problemas más serios como gripajes o deformación de materiales.

Con la termografía podemos reducir los costos de mantenimiento y alargar la disponibilidad de las máquinas. Ya que esta técnica permite estudiar las temperaturas de las diferentes partes de un sistema mecánico sin tener que detener el proceso, es decir con todos los sistemas en movimiento y a plena carga.

Las principales aplicaciones de la termografía en sistemas mecánicos son:

- Análisis de motores y generadores.
- Análisis de rodamientos y poleas.
- Diagnóstico de estado de cojinetes.
- Diagnóstico en sistemas de transmisión.
- Desalineamientos.
- Estado de los lubricantes.
- Inspección de soldaduras.

2.5.3. Procesos

Los equipos de termografía funcionan recogiendo la energía infrarroja emitida por la superficie de los objetos. La condición “normal” de un objeto será aquella que muestre un patrón de temperatura apropiado para el objeto en cuestión.

Cambios en las propiedades físicas como son la corrosión, grietas, erosiones, estrechamientos, fugas, bloqueos, etc. causan variaciones detectables en los patrones de energía infrarroja. La termografía se puede aplicar para detectar anomalías en procesos industriales donde pueden darse algunas de las mencionadas anteriormente.



Algunos casos típicos para los que se aplica la termografía son:

- Estado y estudio de válvulas.
- Detección de tuberías subterráneas.
- Nivel de líquido de tanques (y sólidos).
- Estudio de refractarios.
- Estudio de pérdidas térmicas.
- Fugas de vapor.
- Perdidas de vacío.

2.6. Ejemplos de aplicaciones de la termografía¹¹.

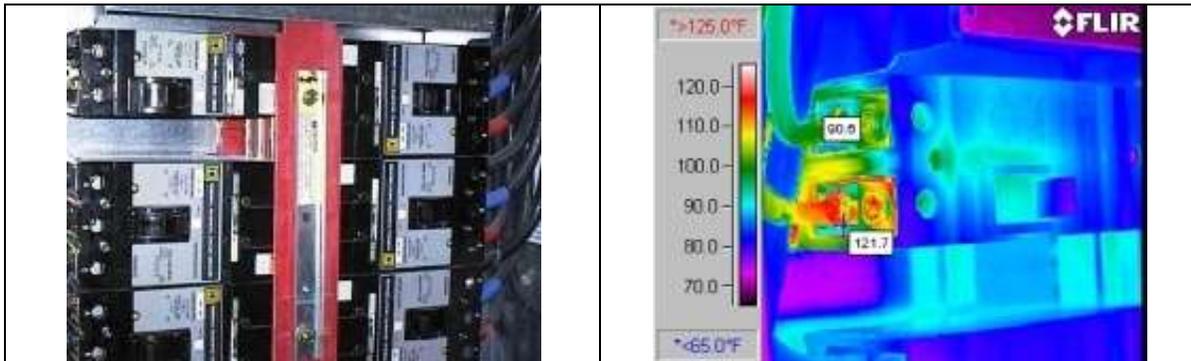


Figura 19. Ejemplo donde a la izquierda se ve Un cortacircuitos eléctrico (dado térmico) y a la derecha vemos la misma imagen a través de una cámara termográfica.

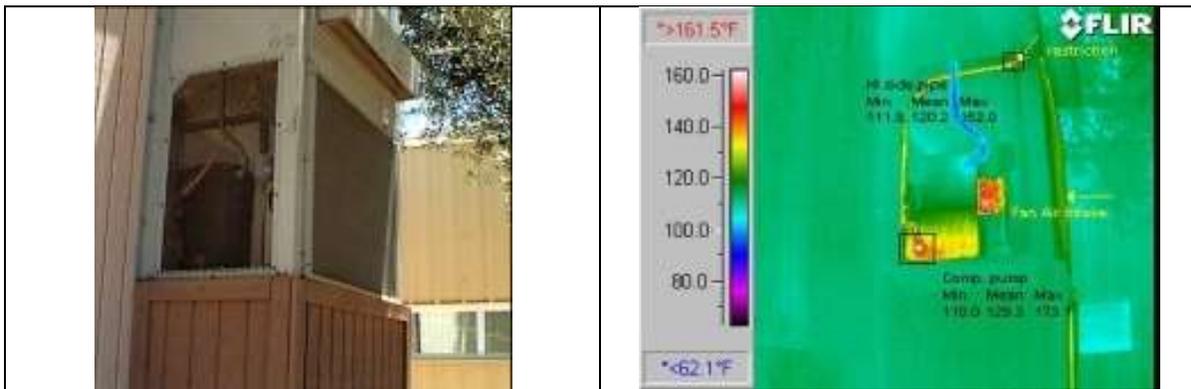




Figura 20. Ejemplo donde a la izquierda se observa una casa y a la derecha utilizamos una cámara termografica para Verificar el funcionamiento del aire acondicionado de esta.

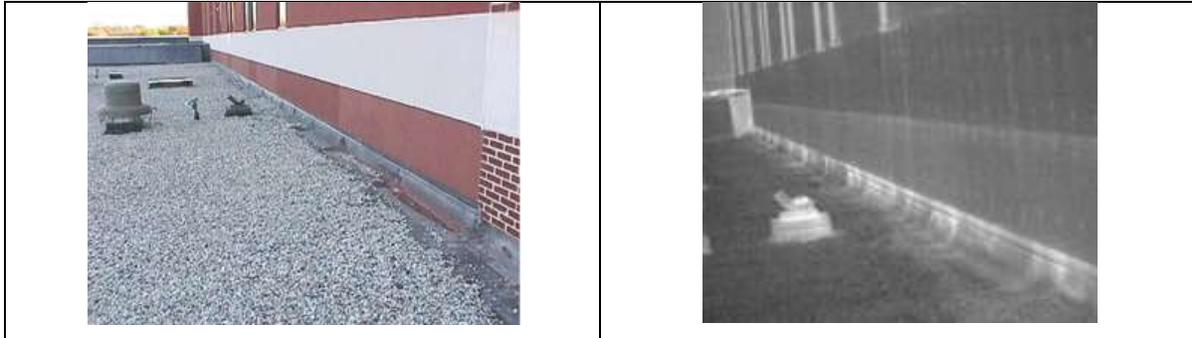


Figura 21. Ejemplo de que muestra en la imagen de la derecha la vista a través de una cámara termografica con la que se visualizan las áreas donde existen fugas en el aire acondicionado.

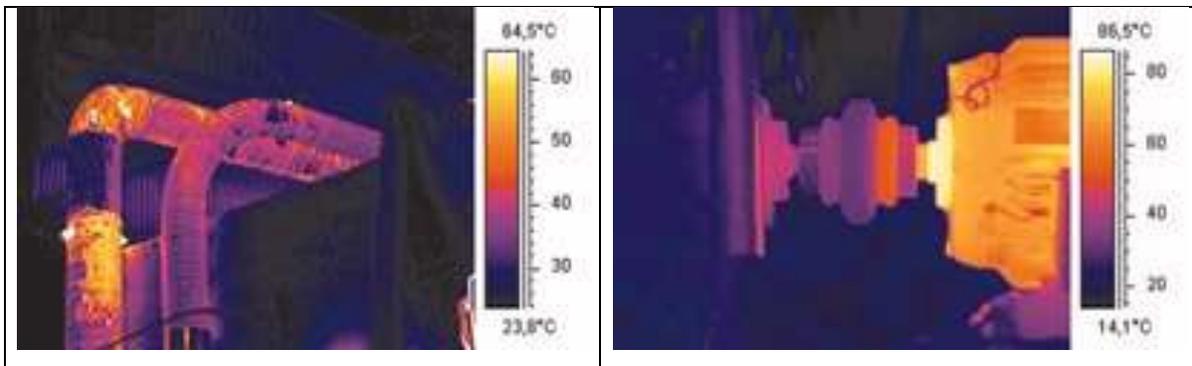


Figura 22. Ejemplo donde se puede observar a la izquierda las diferencias de temperaturas en un sistema de tuberías para detectar si existe algún daño en su aislamiento y a la derecha un eje de motor sobrecalentado.

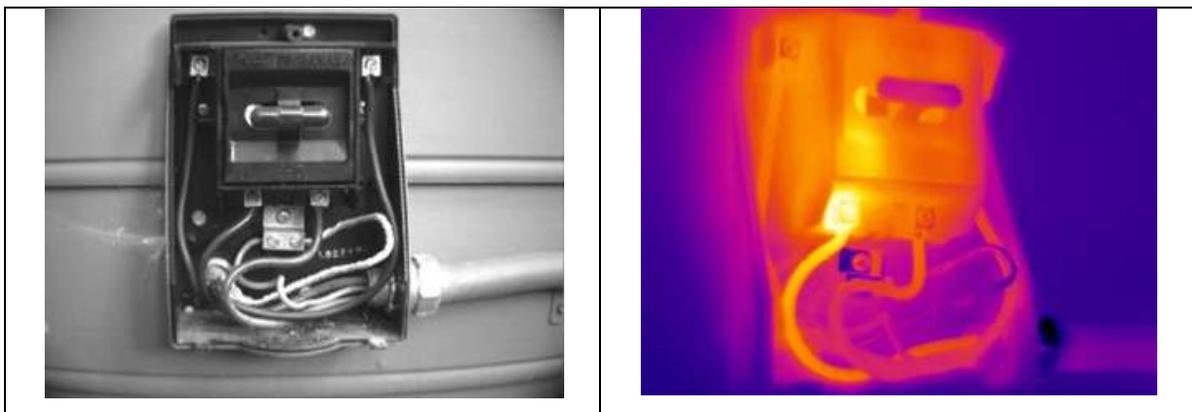




Figura 23. Ejemplo que muestra a través de una imagen termografica la existencia de un problema en la conexión interna de un dado térmico ya que presenta un excesivo aumento de la resistencia en un terminal.

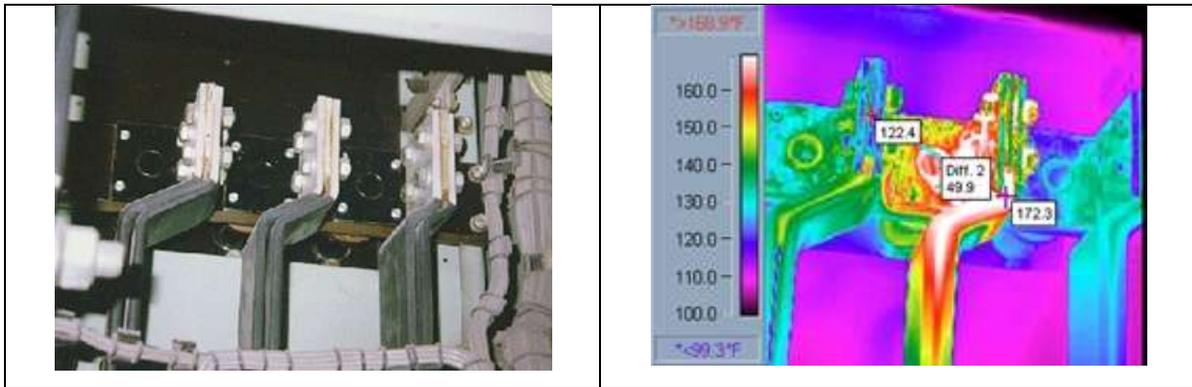


Figura 24. Expone a través de una imagen termografica La sobrecarga en una de las fases de unas barras de conexión

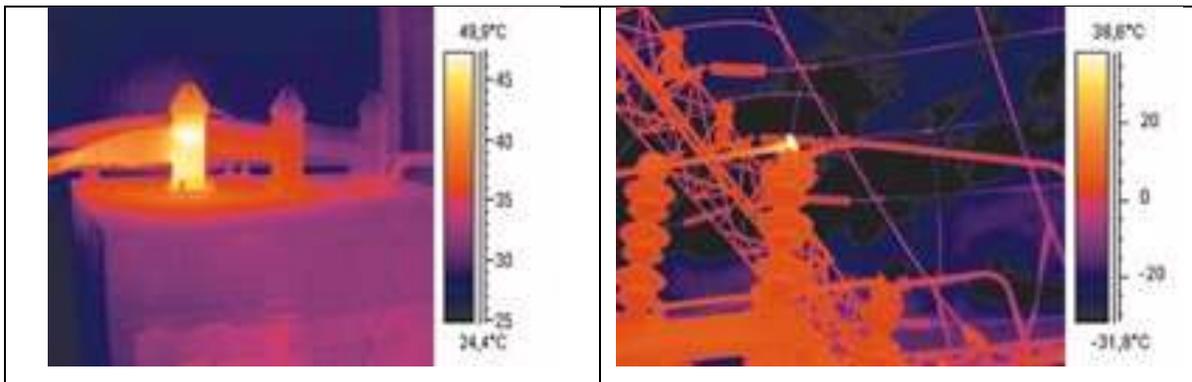


Figura 25. A través de imágenes termograficas se puede observar: A la izquierda una conexión de cable suelta y a la derecha se puede apreciar una conexión de alta tensión defectuosa.

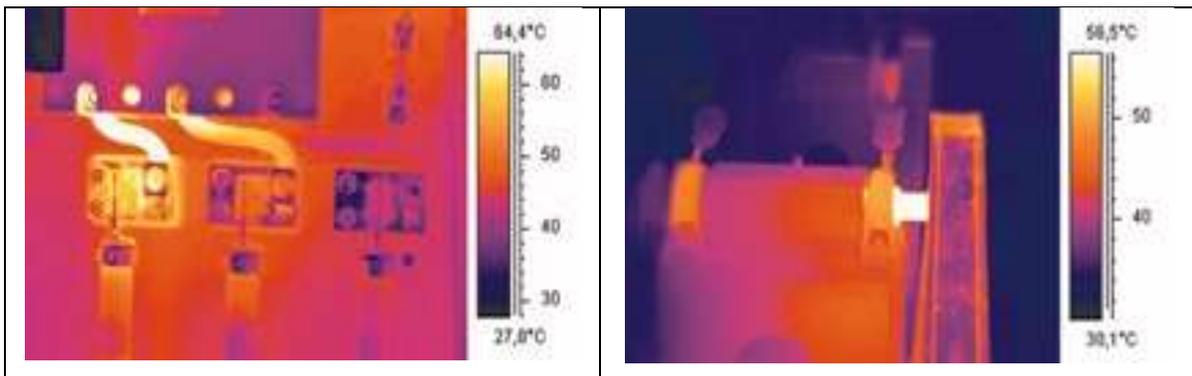


Figura 26. Usando imágenes termograficas vemos: A la izquierda unas conexiones eléctricas que presentan



alta resistencia. A la derecha se observa unos cojinetes trabajando a excesiva temperatura indicando una falla en estos.

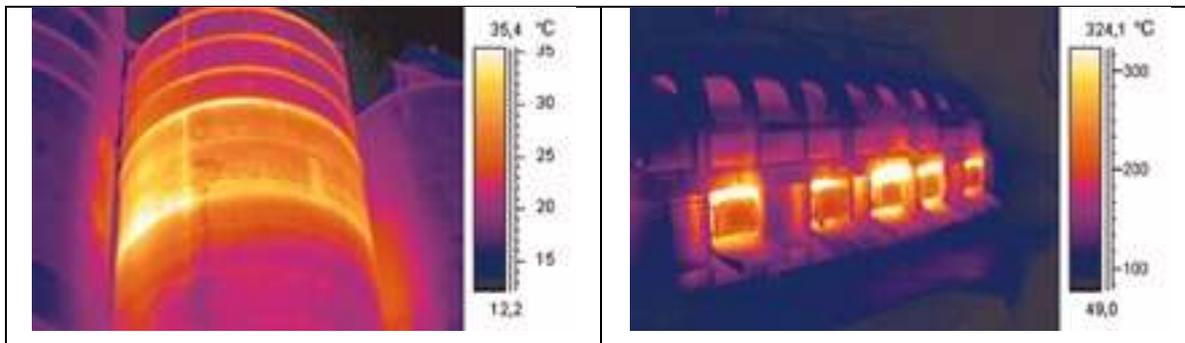


Figura 27. Aquí se puede apreciar en la imagen de la izquierda la degradación de componentes aislantes y en la derecha encontramos un defecto en un aislamiento.

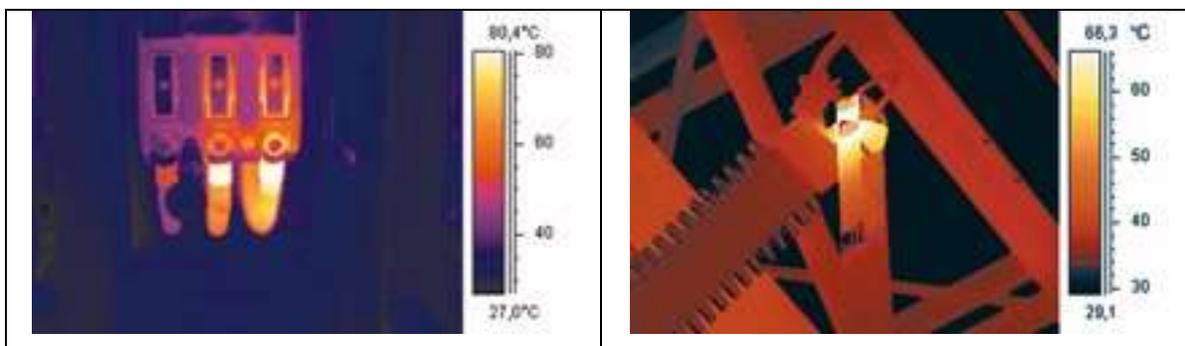


Figura 28. Se ve a la izquierda la corrosión encontrada en unas conexiones eléctricas y a la derecha una conexión eléctrica mal fijada..

2.7. Costos de los Equipos

# Corr.	Cantidad y Modelo	Rango de Temperatura	Descripción	Total Precio CIF E.S.
		°C		US(\$)
1	1 FLUKE TI-25	-20 a 350	1 Equipo con peso de 2.0 Kg., Resolución de 160x120 píxeles, enfoque manual,	16797.0



	TOTAL	16797
--	--------------	-------

*Ver anexo B para observar todos los equipos cotizados

2.8. Conclusiones.

- Como se ha visto en el transcurso del capítulo la prueba termográfica tiene una amplia gama de aplicaciones en la industria, así como practicidad ya que su realización se da estando en funcionamiento el elemento a evaluar lo que significa que no existe necesidad de detener el funcionamiento de este.
- Si se trabaja en colaboración con otras escuelas de la facultad de Ingeniería y Arquitectura se puede utilizar el laboratorio para la realización de pruebas en asignaturas de diferentes carreras, de este modo ampliando la población beneficiada con la implementación de este laboratorio.
- Al tener el equipo un medio de almacenamiento de las imágenes tomadas, así como poder ser analizadas en cualquier computadora permitirá llevar un registro detallado de análisis periódicos sobre cualquier máquina u elementos de estas.



Capitulo 3
Ultra sonido.



3.1. Inspección ultrasónica.

Un método más depurado consiste en utilizar ondas de sonido fuera del intervalo auditivo, con una frecuencia de 1 a 5 millones de Hz (ciclos por segundo)- de aquí el término *ultrasónico*. El método ultrasónico es una prueba no destructiva, confiable y rápida que emplea ondas sonoras de alta frecuencia producidas electrónicamente que penetrarán metales, líquidos y muchos otros materiales a velocidades de varios miles de metros por segundo. Las ondas ultrasónicas para ensayos no destructivos generalmente las producen materiales piezoeléctricos, los cuales sufren un cambio en su dimensión física cuando se someten a un campo eléctrico. Esta conversión de energía eléctrica a energía mecánica se conoce como efecto piezoeléctrico. Si se aplica un campo eléctrico alterno a un cristal piezoeléctrico, el cristal se expandirá durante la primera mitad del ciclo y se contraerá cuando el campo eléctrico se invierta. Al variar la frecuencia del campo eléctrico alterno, se puede variar la frecuencia de la vibración mecánica (onda sonora) producida en el cristal. El cuarzo es un transductor ultrasónico ampliamente utilizado. Un transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

El transductor de recepción situado en el lado opuesto recibe las vibraciones y las convierte en una señal eléctrica que se puede amplificar y observar en el tubo de rayos catódicos de un osciloscopio, un medidor o algún otro indicador. Si la onda ultrasónica viaja a través de la muestra sin encontrar ninguna imperfección, la señal recibida será relativamente grande. Si hay imperfección en la trayectoria de la onda ultrasónica, parte de la energía se reflejará y la señal que recibirá el transductor de recepción se reducirá.

El método del eco-pulso utiliza sólo un transductor que sirve como transmisor y como receptor¹².

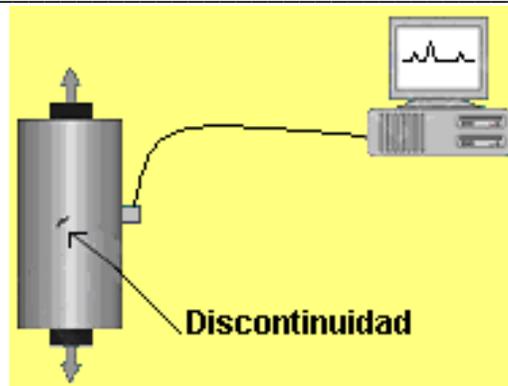


Figura 29. Aquí se vemos como se coloca el palpador(sensor) del equipo de ultrasonido a la pieza de prueba.

Donde conforme la onda sonora penetra en el material sometido a prueba, parte de ella se refleja de vuelta al cristal, donde se convierte en un impulso eléctrico. Este impulso se amplía y hace visible, apareciendo como una indicación o señal sobre la pantalla del osciloscopio. Cuando la onda sonora alcanza el otro lado del material, se refleja de regreso al cristal y se ve como otra señal sobre la pantalla hacia la derecha de la primera señal. Si hay imperfección entre las superficies frontal y posterior del material, se delatará sobre la pantalla como una tercera señal entre las dos indicaciones correspondientes a las superficies frontal y posterior. Como las indicaciones en la pantalla del osciloscopio miden el tiempo transcurrido entre la reflexión del pulso desde la superficie frontal y posterior, la distancia entre indicaciones es una medida del espesor del material. Por tanto, la localización de un defecto puede determinarse con exactitud por la indicación que aparece sobre la pantalla.

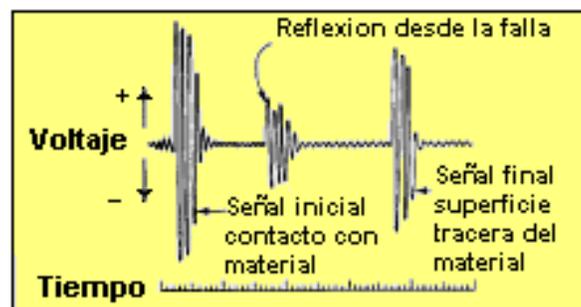


Figura 30. Grafica de un osciloscopio en el que se puede observar que utiliza el método de eco-pulsos de inspección ultrasónica.

En general, las superficies uniformes y lisas son más apropiadas para la prueba de pulso de mayor frecuencia; por tanto permiten detectar defectos más pequeños. La transmisión



adecuada de la onda ultrasónica tiene gran influencia en la confiabilidad de los resultados de la prueba. Para partes de mayor tamaño, una película de aceite asegurará un contacto apropiado entre la unidad del cristal de búsqueda y la pieza a prueba. Las partes más pequeñas pueden colocarse en un tanque con agua, aceite o glicerina. La unidad del cristal de búsqueda transmite ondas sonoras a través del medio y penetrarán en el material que se examina. Un examen de la pantalla del osciloscopio de esta gráfica permitirá ver la presencia de tres señales. La señal de la izquierda indica el frente de la pieza, la de la derecha la parte posterior de la pieza y la señal más pequeña del centro indica una imperfección.

La inspección ultrasónica se utiliza para detectar y localizar defectos como cavidades de contracción (rechupes), vacíos o fisuras internas, porosidad y grandes inclusiones no metálicas. El espesor de la pared se puede medir en recipientes cerrados o en casos en que tal medición no puede hacerse de otra manera.



Figura 31. Aquí se puede apreciar un equipo de pruebas por ultrasonido marca Olympus.

El método de Ultrasonido se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales. En la figura de abajo, se muestra un sensor o transductor acústicamente acoplado en la superficie de un material. Este sensor, contiene un elemento piezo-eléctrico, cuya función es convertir pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, las cuales a su vez generan sonido, con una frecuencia en el rango de los megahertz (inaudible al oído humano). El sonido o las vibraciones, en forma de ondas elásticas, se propaga a través del material hasta que pierde por completo su intensidad ó hasta que topa con una *interfase*, es decir algún otro material tal como el aire o el agua y, como consecuencia, las ondas pueden sufrir *reflexión*, *refracción*, *distorsión*, etc.



Lo cual puede traducirse en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación de las ondas originales.

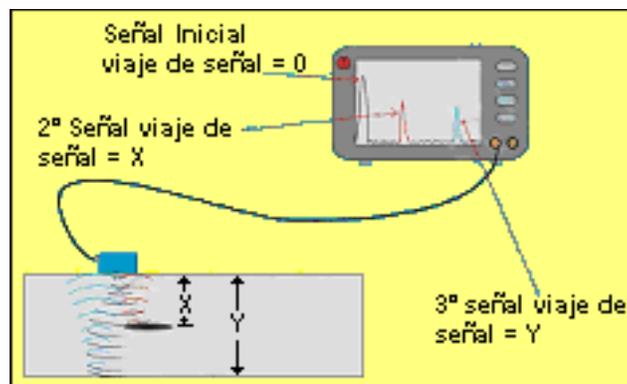


Figura 32. Aquí se observa como se pueden interpretar las señales recogidas por el equipo.

De esta manera, es posible aplicar el método de ultrasonido para determinar ciertas características de los materiales tales como:

- Velocidad de propagación de ondas.
- Tamaño de grano en metales.
- Presencia de discontinuidades (grietas, poros, laminaciones, etc.)
- Adhesión entre materiales.
- Inspección de soldaduras.
- Medición de espesores de pared.

Como puede observarse, con el método de ultrasonido es posible obtener una evaluación de la condición interna del material en cuestión. Sin embargo, el método de ultrasonido es más



complejo en práctica y en teoría, lo cual demanda personal calificado para su aplicación e interpretación de indicaciones o resultados de prueba.

Los principales parámetros que deben ser controlados en un sistema ultrasónico son:

A) Sensibilidad. Es la capacidad de un transductor para detectar discontinuidades pequeñas.

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

B) Resolución. Es la capacidad para separar dos señales cercanas en tiempo o profundidad. Frecuencia central. Los transductores deben utilizar en su rango de frecuencia especificado para poder llegar a obtener una aplicación óptima al momento de realizar la prueba.

C) Atenuación del haz. Es la pérdida de energía de una onda ultrasónica al desplazarse a través de un material. Las causas principales son la dispersión y la absorción.

3.2. Transductores o Palpadores.

Es el medio por el cual la energía eléctrica se convierte en energía mecánica (ondas sonoras) o viceversa. Opera debido al efecto piezoeléctrico, el cual consiste en que ciertos cristales cuando se tensionan, se polarizan eléctricamente y generan voltaje eléctrico entre las superficies opuestas. Esto es reversible en el sentido de que al aplicar un voltaje a través las caras de un cristal, se produce una deformación del mismo. Este efecto microscópico se origina por las propiedades de simetría de algunos cristales.



Figura 33. Diversos tipos de palpadores utilizados en la industria.



Materiales Piezoeléctricos:

A) Cuarzo. Se obtiene a partir de cristales naturales. Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento. Desafortunadamente, sufre interferencias en el modo de conversión y es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.

B) Sulfato de litio: Este material se considera como uno de los receptores más eficientes. Su ventaja principal en su facilidad de obtener una amortiguación acústica óptima lo que mejora el poder de resolución, no envejece y es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión. Sus desventajas son que es muy frágil, soluble en agua y se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.

C) Cerámicas polarizadas. Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad y algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. Sus principales limitaciones son: resistencia mecánica relativamente baja, en algunos casos existe interferencia en el modo de conversión, presentan tendencia al envejecimiento. Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

Material	Eficiencia como transmisor	Eficiencia como receptor	Sensibilidad	Poder de resolución	Características mecánicas
Cuarzo	Mala	Mediana	Escasa	Óptima	Buena
Sulfato de litio	Mediana	Buena	Buena	Óptima	Soluble en agua
Titanato de bario	Buena	Mediana	Óptima	Mediana	Frágil
Metaniobato de bario	Buena	Mediana	Óptima	Óptima	Buena
Zirconato titanato de plomo	Buena	Mediana	Óptima	Mediana	Buena

Tabla 11. Características De Los Materiales Usados Como Transductores en Los Palpadores

Factores que influyen en la elección del transductor:



1. Clase de cristal. Con la elección de cada clase de cristal se puede variar el poder resolutivo y la sensibilidad de los transductores.
2. Diámetro del cristal. Entre mayor sea el diámetro del cristal se obtiene una mayor profundidad de penetración, asimismo una mayor longitud en un campo cercano y una menor divergencia.
3. Frecuencia. Con la elección de una mayor frecuencia se obtiene mayor posibilidad para la identificación de discontinuidades pequeñas, mayor longitud de campo cercano, mayor poder resolutivo, menor profundidad de penetración y mínima divergencia.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CUARZO	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtiene a partir de cristales naturales. • Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. • Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sufre interferencias en el modo de conversión • Es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. • Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. • Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.
SULFATO DE LITIO	<ul style="list-style-type: none"> • Receptor más eficiente. • Facilidad de obtener una amortiguación acústica óptima. • Mejor poder de resolución. • No envejece. • Es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es muy frágil • Soluble en agua • Se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.
CERÁMICOS POLARIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. • Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. • Prácticamente no son afectados por la humedad • Algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica relativamente baja. • En algunos casos existe interferencia en el modo de conversión. • Presentan tendencia al envejecimiento. • Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.
TITANATO DE BARIO	<ul style="list-style-type: none"> • Es un buen emisor debido a su elevado modulo piezoeléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de acoplamiento y amortiguación. • Su empleo esta limitado a frecuencias menores de 15 MHz, debido a su baja resistencia mecánica y alta impedancia acústica.



		<ul style="list-style-type: none">• Presenta interacción entre varios modos de vibración.
METANIOBATO DE BARIO	<ul style="list-style-type: none">• Presenta un modulo piezoeléctrico elevado lo que lo califica como buen emisor.• Posee excelente estabilidad térmica, similar al cuarzo, lo que le permite ser empleado a altas temperaturas.• Posee un elevado coeficiente de amortiguación interna, por lo que se considera como el mejor material para generar impulsos cortos.	<ul style="list-style-type: none">• Presenta una baja frecuencia fundamental y una mala resistencia mecánica, por lo que se aplica principalmente a frecuencias altas.• Presenta interacción entre varios modos de vibración.
ZIRCONATO TITANATO DE PLOMO	<ul style="list-style-type: none">• Se considera como el mejor emisor por su alto modulo piezoeléctrico.	<ul style="list-style-type: none">• Es el mas difícil de amortiguar por su alto coeficiente de deformación. Se recomienda su empleo cuando existen problemas de penetración.

Tabla 12. Ventajas y desventajas de los materiales utilizados como transductores en los palpadores.

- Tipos De Palpadores

A) Palpador de contacto o Palpadores de haz recto. Se coloca directamente en la superficie de prueba aplicando presión y un medio de acoplamiento. Se fabrica para inspecciones de haz recto. Para proteger el transductor de la abrasión, generalmente se cubre con un material duro como el oxido de aluminio.



Figura 34. Representación de cómo se propagan las ondas ultrasónicas en la pieza analizada..

Emite ondas longitudinales con frecuencias de 0.5 a 10 MHz. Se emplea generalmente para la inspección de piezas en las que se puede colocar directamente la unidad de prueba sobre el área de interés, las discontinuidades son paralelas a la superficie de contacto. También es útil en la detección de discontinuidades y en la medición de espesores.

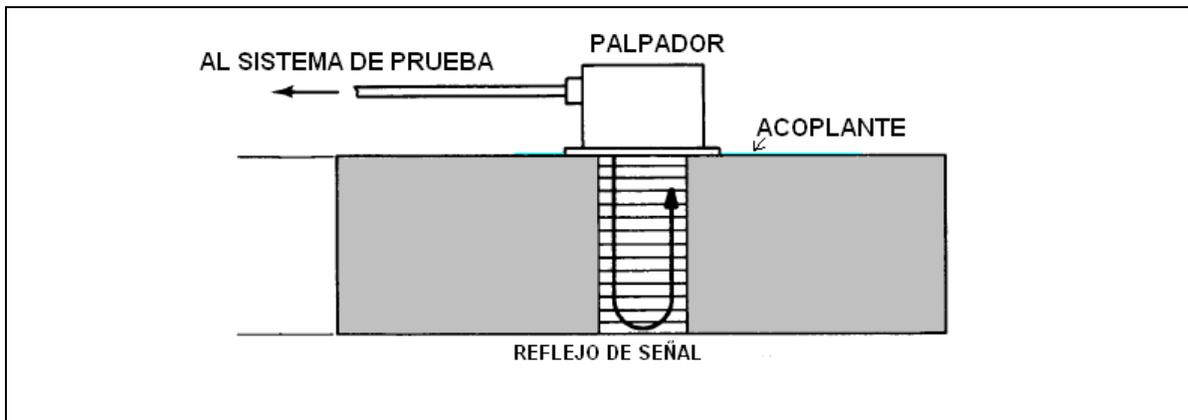


Figura 35. Esquema que muestra en detalle el funcionamiento del palpador.

B) Palpador de elemento dual. Consiste en dos cristales que emiten ondas longitudinales (una transmisora y una receptora) encapsulados en la misma pieza y aisladas una de la otra por una barrera acústica. Los cristales se encuentran en un ángulo determinado uno del otro de modo tal que la señal rebote al alcanzar el final de la pieza analizada con un patrón en forma de V. Los palpadores de elemento dual generalmente ofrecen lecturas mas consistentes en partes corroídas, y también puede ser usado en ambientes con alta temperatura.

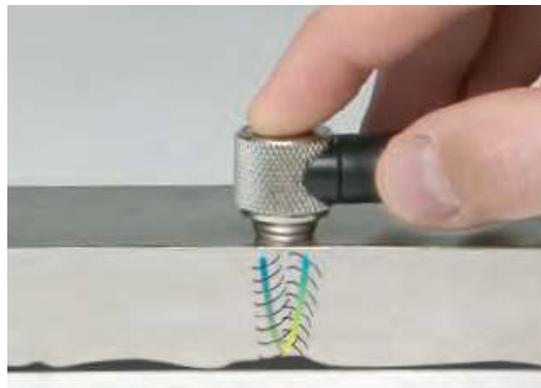


Figura 36. Aquí se puede apreciar el funcionamiento de un palpador de elemento dual.

C) Palpadores de incidencia angular. Genera ondas de corte, de superficie y de placa. Se construye acoplando una unidad de haz recto a una de las caras de una zapata de plástico, al cual presenta determinado ángulo de refracción. Se emplean los equipos de pulso eco y su



aplicación es casi exclusiva en la detección de discontinuidades orientadas perpendicularmente a la superficie de prueba.

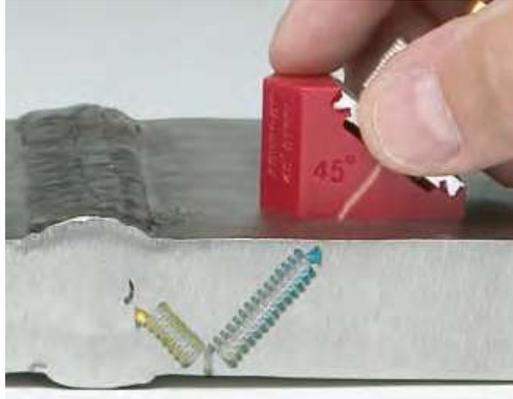


Figura 37. Aquí apreciamos como se propagan las ondas ultrasónicas con un palpador angular.

1 - Tipos de palpadores angulares. De acuerdo a su tamaño frecuencia, forma, tipo e intercambiabilidad de la zapata. Tienen marcado en la zapata el ángulo de refracción del sonido dentro del material de prueba, los ángulos comerciales para el acero son 35, 45, 60, 70, 80, 90 grados.

2 - Palpadores de línea retrasada. Son palpadores de un solo elemento diseñado para incorporar una pequeña pieza plástica o de material epoxico enfrente del elemento piezométrico del palpador. Ofrecen una mejorada resolución para detectar defectos muy cercanos a la superficie. Pueden ser modificadas par ajustarse a la geometría superficial de una pieza y también puede ser utilizada en aplicaciones a alta temperatura.



Figura 38. Aquí se observa un palpador de línea retrasada.

3 - Palpadores de cara protegida. Están compuestos de un solo material piezométrico enviando una señal longitudinal que tiene una camisa la que le permite conectarle una línea de retraso, una tapa, o una membrana. Esto los hace extremadamente versátiles para cubrir una muy amplia variedad de aplicaciones. También pueden ser usados como un palpador en contacto directo con materiales de baja impedancia tales como la goma o el plástico mejorando la impedancia acústica.

4 - Palpadores de inmersión. Están compuestos de un solo material piezométrico enviando una señal longitudinal, donde la cara utilizada tiene una impedancia que es compatible con la del agua. Estos palpadores vienen sellados lo que les permite ser sumergidos completamente en agua en conjunto con un cable a prueba de agua. Al usar agua como si fuera ambos (acoplante y línea retrasada) son ideales en aplicaciones de escaneo donde es difícil tener un buen contacto con el acoplante por el tipo de superficie de la pieza, también tienen la opción de ser enfocados para incrementar la intensidad del sonido en un área específica y disminuir el tamaño del punto del haz sonoro.

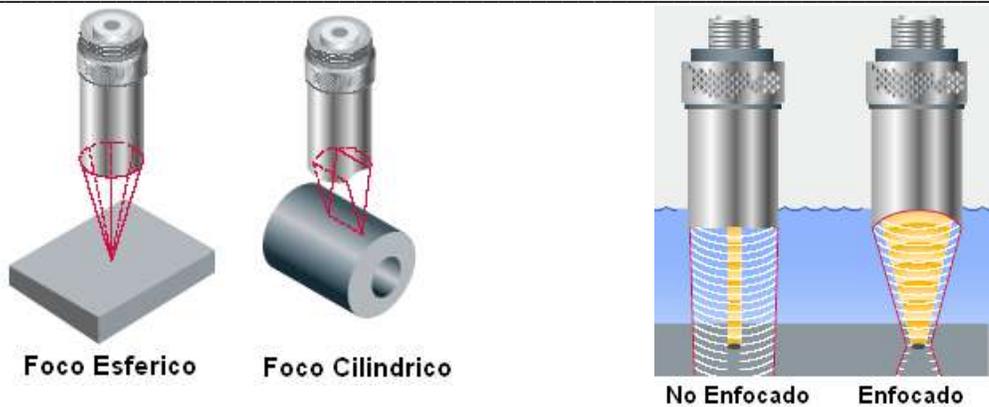


Figura 39. Aquí se observa los diversos modelos de palpadores de inmersión.

5 - Palpadores de alta frecuencia. Pueden ser de línea retrasada o de inmersión enfocada y están disponibles en los rangos de frecuencias entre 20 MHz y 225 MHz. Con estos se puede hacer medidas de espesor en materiales tan delgados como 0.01 mm. (dependiendo del material, el palpador, la condición de la superficie, la temperatura), mientras que los palpadores de alta frecuencia de inmersión enfocados son ideales para imágenes de alta resolución y aplicaciones detectoras de defectos en materiales de baja atenuación tales como los microchips de silicón.



Figura 40. Se muestran los modelos de palpadores de alta frecuencia.

3.3. Acoplante

Líquido más o menos viscoso que se utiliza para permitir el paso de las ondas que salen del transductor a la pieza bajo examinación, ya que las frecuencias que se utilizan para materiales metálicos no se transmiten en el aire.



Características del Líquido Acoplante:

- Viscosidad adecuada.
- Humectabilidad. (capaz de mojar la superficie y el palpador)
- Baja atenuación. (que el sonido se transmita al 100%)
- Bajo costo.
- Removible.
- No toxico.
- No corrosivo.
- Impedancia acústica adecuada.

Tipos De Acoplantes:

- Agua
- Aceite
- Grasa
- Glicerina
- Vaselina
- Propilenglicol
- Aceite de Silicón

3.4. Procedimiento Para La Realización de la Prueba

En Primer lugar, se aplica el método de ultrasonido y se obtiene el detalle de la discontinuidad que generó dicha actividad acústica. Actualmente, muchas investigaciones se están llevando a cabo con el objetivo de poder determinar no solamente áreas con actividad acústica sino también el tipo de discontinuidad que la está generando. Estas investigaciones incluyen estudios más avanzados acerca de la forma de onda de las señales, su procesamiento mediante algoritmos de redes neurales, modos de propagación de ondas, simulación mediante elementos finitos, etc.

3.5. Bloque de Calibración.



Los patrones de referencia pueden ser un bloque o juego de bloques con discontinuidades artificiales y/o espesores conocidos. Que son empleados para calibrar equipos de ultrasonido y para evaluar las indicaciones de las discontinuidades de la muestra inspeccionada.

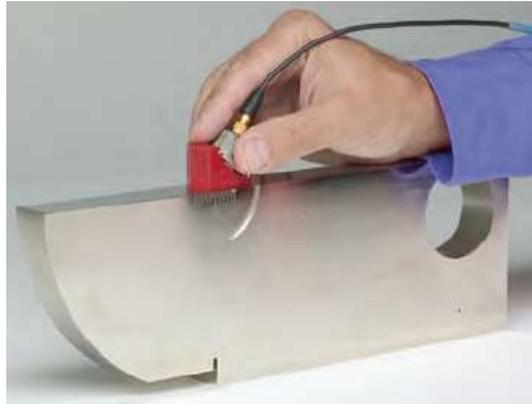


Figura 41. Se observa un bloque de calibración.

Los bloques de calibración deben de tener las mismas propiedades físicas, químicas y de estructura que el material a inspeccionar.

Por medio de los bloques de calibración haremos:

- a. Verificar que el sistema compuesto por el transductor, cable coaxial y el equipo funciona correctamente.
- b. Fijar la ganancia o la sensibilidad con la cual se detectará las discontinuidades equivalentes a un tamaño especificado o mayores.

3.6. Costos de los equipos

# Corr	Cant.	DESCRIPCIÓN	Total precio FOB MIAMI US\$
1	1	Equipo detector de fallas digital portátil marca OLYMPUS NDT (PANAMETRICS-NDT) , modelo EPOCH 1000i	15,000.00

# corr	DESCRIPCIÓN ACCESORIOS UT CONVENCIONAL:	Total precio FOB MIAMI



		US\$
1	Palpador modelo C430-SB, conexión BNC, 0.625" x 0.625", 2.25 MHz de frecuencia. (Tipo AWS D1.1)	385.00
2	Zapata modelo ABWS-8-45.	58.30
3	Zapata modelo ABWS-8-60	58.30
4	Zapata modelo ABWS-8-70	58.30
5	Palpador modelo C543-SM, conexión Microdot, 0.25" de diámetro y 5.0 MHz de frecuencia.	369.60
6	Zapata modelo ABWM-4T-30, para palpadores de 0.25" de diámetro y 30°.	58.30
7	Zapata modelo ABSA-4T-45, para palpadores de 0.25" de diámetro y 45°	58.30
8	Zapata modelo ABSA-4T-60, para palpadores de 0.25" de diámetro y 60°	58.30
9	Zapata modelo ABSA-4T-70, para palpadores de 0.25" de diámetro y 70°.	58.30
10	Cable BCM-74-6	58.30
11	Bloque de calibración modelo TB7541-1, en acero 1018, tipo V1, con caja.	679.80
12	Software de interface GAGEVIEW PRO, con cable USB	711.00

Cant.	Descripción Acoplante	Volumen	Aplicaciones	Precio FOB MIAMI US(\$)
1	Propilenglicol	2 oz. (0.06 litros)	Usos Múltiples para superficies suaves. Químicamente no es reactivo. No se evapora rápidamente. Máxima temperatura de funcionamiento recomendada es de 200 °F (90 °C)	16.50
1		1 galón (3.78 litros)		165.00
1	Glicerina	2 oz. (0.06 litros)	Usos Múltiples, mas viscoso y tiene una mayor impedancia acústica haciéndolo mejor para superficies ásperas y materiales de alta atenuación	23.10
1		1 qt. (0.95 litros)		147.40
1	Aceite de Silicón	2 oz. (0.06 litros)	Usos Múltiples, no es corrosivo, no se evapora, es soluble en agua	23.10



1	Tipo Gel	12 oz. (0.35 litros)	Uso para superficies ásperas, moldes de arena, fibra de vidrio, inspecciones de soldaduras, superficies de techo, paredes verticales.	29.70
1		1 galón (3.78 litros)		221.10
1		5 galones (18.90 litros)		563.20
1	Ultratermal	2 oz. (0.06 litros)	Desde 500 °F hasta 1000 °F (260 °C hasta 540 °C)	92.40
1	Temperatura media	2 oz. (0.06 litros)	Desde 0 °F hasta 600 °F (-12 °C hasta 315 °C) Se remueve fácilmente a altas temperaturas, es biodegradable, no es toxico	49.50
1	Alta Presión	4 oz. (0.12 litros)	Incidencia normal a alta presión, no es toxico, soluble en agua, hecho de una sustancia orgánica de muy alta viscosidad.	62.70
1	Acoplante en polvo	1 galón (3.78 litros)	Desde 32 °F hasta 130 °F (0 °C hasta 54 °C) Acoplante a granel, Se modifica su viscosidad agregando diferentes cantidades de agua.	61.60

•Todos los equipos son marca OLYMPUS *para mayores detalles ver anexo C

# corr	DESCRIPTION ACCESORIOS DE PHASED ARRAY PARA EL EPOCH 1000i.	Total precio FOB MIAMI US\$
1	Palpador Phased array modelo 5L16-A10P, 5.0 MHz, 16 elementos, cable de 5 m de largo.	2,375.00
2	Zapata modelo SA10-N55S para palpador 5L16-A10P. 55 grados.	150.00
3	Palpador Phased Array modelo 2.25L16-AWS, 2.25 MHz, 16 elementos, cable de 2.5 m. de largo.	1,650.00
4	Zapata modelo SAWS-N60S para palpador 5L16-AWS. 60 grados.	220.00
TOTAL		23,887.8



3.7 Conclusiones

- Todos los equipos que aparecen cotizados pertenecen a la marca OLYMPUS ya que goza de reconocido prestigio internacional, una amplia gama de productos en el área de ultrasonido y cobertura en cuanto a la garantía para el mantenimiento de los equipos.
- El tipo de prueba analizada en este capítulo resulta mas compleja que las analizadas en capítulos anteriores ya que tanto el equipo es mas complicado de utilizar como también la interpretación de los resultados de la prueba requieren una mayor atención, cuidado y experiencia para ser interpretados correctamente.
- Los equipos detallados necesarios para la realización de esta prueba cumplen y exceden los requerimientos estándar a nivel internacional ya que se interpretara las fallas detectadas no solo por medio del método análogo convencional sino que también por el método de phased array que presenta una gran ayuda ya que hace mas fácil la interpretación de los análisis realizados.



Capitulo 4.

Vibraciones.

4.1 Descripción.

Concepto de Vibración

Se dice que un cuerpo vibra cuando experimenta cambios alternativos, de tal modo que sus puntos oscilen sincrónicamente en torno a sus posiciones de equilibrio, sin que el campo cambie de lugar.

Como otro concepto de vibración, se puede decir que es un intercambio de energía cinética en cuerpos con rigidez y masa finitas, el cual surge de una entrada de energía dependiente del tiempo.

Este intercambio de energía puede ser producido por:



-
- Desequilibrio en maquinas rotatorias
 - Entrada de Energía Acústica
 - Circulación de Fluidos o masas
 - Energía Electromagnética

Sea cualquiera la causa de la vibración, su reducción es necesaria debido a diversas razones entre las cuales tenemos:

- La excesiva vibración puede limitar la velocidad de procesamiento.
- La vibración es responsable de la pobre calidad de los productos elaborados por maquinas-herramientas.
- La vibración de maquinarias puede resultar en radiación de ruido.
- La vibración puede alcanzar a otros instrumentos de precisión de otras fuentes, y causar fallas de funcionamiento.

La Medición de Vibración, juega un papel muy importante en el desarrollo de técnicas para mitigarla o reducirla, y en el establecimiento de límites en los niveles de ruido de la maquinaria existente en una instalación industrial. Aproximadamente el 50% de las averías en máquinas rotativas se deben a desalineaciones en los ejes. Las máquinas mal alineadas generan cargas y vibraciones adicionales, causando daños prematuros en rodamientos, sellos y acoplamientos, también aumenta el consumo de energía. Gracias a los avances de la electrónica, actualmente se tienen instrumentos de medición altamente sofisticados que permiten cuantificar la vibración de manera precisa, a través de diversos principios. Es por esto que es muy importante, un buen entendimiento de los transductores empleados para la medición de vibración, y su interfaz con los sofisticados equipos de instrumentación y de adquisición de datos.

El movimiento ondulatorio es el movimiento que describen las ondas. Una onda es un mecanismo para transmisión de energía o perturbaciones. Existen las ondas estacionarias, en las que su propagación está limitada, y las viajeras, que acaban alcanzando, tras un cierto tiempo, a todos los puntos del medio y que pueden ser mecánicas (a través de un medio material) o electromagnéticas (sin necesidad de materia para su transmisión).

Pueden ser longitudinales (la dirección de vibración de las partículas coincide con la dirección de propagación de la onda) o transversales (la dirección de la vibración de las



partículas alcanzadas por la onda es perpendicular a la dirección de propagación de la onda).

Según las dimensiones son:

- _ Unidimensionales: una dimensión (Ej. Onda en una cuerda)
- _ Bidimensionales: dos dimensiones (Ej. Ondas es superficie del agua)
- _ Tridimensionales: tres dimensiones (Ej. Sonido)

La prevención de posibles fallas en maquinarias es necesaria para una operación confiable y segura de una Instalación. El riesgo de fallas y el tiempo en que una maquinaria queda fuera de servicio pueden disminuirse sólo si los problemas potenciales son anticipados y evitados.

En general, las vibraciones en una máquina no son buenas: pueden causar desgaste, fisuras por fatiga, pérdida de efectividad de sellos, rotura de aislantes, ruido, etc. Pero al mismo tiempo las vibraciones son la mejor indicación de la condición mecánica de una maquinaria y pueden ser una herramienta de predicción muy sensible de la evolución de un defecto. Las fallas catastróficas en una maquinaria muchas veces son precedidas, a veces con meses de anticipación, por un cambio en las condiciones de vibración de la misma.

Las vibraciones en una maquinaria están directamente relacionadas con su vida útil de dos maneras: por un lado un bajo nivel de vibraciones es una indicación de que la máquina funcionará correctamente durante un largo período de tiempo, mientras que un aumento en el nivel de vibraciones es una indicación de que la máquina se encamina hacia algún tipo de falla.

Predecir la presencia de defectos en los rodamientos de máquinas que funcionan a baja velocidad, utilizando el análisis espectral de las vibraciones es una tarea difícil. Las vibraciones generadas por estas máquinas son de baja amplitud y el nivel de ruido en muchos de los casos puede ser el suficiente como para no poder identificar las vibraciones generadas por la presencia de defectos.

En la actualidad la mayoría de las industrias modernas dentro de sus programas de mantenimiento predictivo, utilizan el monitoreo y análisis de las vibraciones con el fin de establecer cuál es el estado de salud mecánica de las máquinas y en particular de sus elementos más críticos como son los rodamientos, cojinetes de apoyo y engranajes, y de esta manera prevenir fallas catastróficas. Sin embargo cuando las máquinas giran a baja



velocidad, el análisis se complica debido principalmente a que la magnitud de las fuerzas dinámicas que generan las vibraciones decrece con la velocidad de rotación. Por ejemplo, el desbalanceo genera una fuerza centrífuga proporcional al cuadrado de la velocidad. Adicionalmente, las máquinas de baja velocidad típicamente son de mayor tamaño y peso, por lo tanto, la señal de vibración medida sobre el alojamiento de los descansos es frecuentemente de muy baja amplitud y con una baja razón señal-ruido.

Para analizar vibraciones provenientes de las máquinas de baja velocidad se requiere de una adecuada selección y uso de los componentes que conforman la cadena de medición con el objeto de obtener la mejor razón señal-ruido posible. Aquí podemos decir que, el término “máquina de baja velocidad” se refiere a máquinas que operan entre 6 y 300 *cpm* (ciclos por minuto). Puesto que los rodamientos son de los componentes más críticos de las máquinas y que fallan con mayor frecuencia.

4.2. Exactitud en el Diagnostico de Fallas

Los rodamientos actúan como una fuente de ruido y vibración debido tanto a la variación de carga como a la presencia de defectos en ellos, aún cuando éstos sean geoméricamente perfectos. Los defectos en los rodamientos se pueden clasificar como distribuidos (rugosidades superficiales, ondulaciones sobre las pistas y elementos rodantes desiguales) y localizados (grietas, hendiduras, resaltes, picaduras y descascaramiento).

Dependiendo de la ubicación del defecto en el rodamiento, se generan vibraciones de diferente frecuencia. Cuando una superficie defectuosa hace contacto con su superficie de encuentro, se producen pulsos periódicos de corta duración. Las periodicidades con que se producen tales pulsos son función de la geometría del rodamiento, la velocidad de rotación y la localización del defecto.

Las frecuencias asociadas son designadas comúnmente como:

BPFO (*Ball pass frequency of the outer race*), es la frecuencia de paso de los elementos rodantes por un defecto en la pista externa.

BPMI (*Ball pass frequency of the inner race*), es la frecuencia de paso de los elementos rodantes por un defecto en la pista interna.

BSF (*Ball spin frequency*), es la frecuencia de giro de los elementos rodantes.



FTF (Fundamental train frequency), es la frecuencia de rotación del canastillo o jaula que contiene los elementos rodantes.

Estas pueden ser calculadas analíticamente o utilizando algún software comercial.

Los rodamientos actúan como una fuente de ruido y vibración debida tanto a la variación del acoplamiento entre los elementos, así como a la presencia de defectos en ellos. Los defectos en los rodamientos se pueden clasificar como *distribuidos* y *localizados*.

El hecho de que la distribución de carga varíe sobre los elementos rodantes a medida que éstos giran sobre las pistas de rodadura hace que los rodamientos se comporten por sí mismos en un generador de vibraciones. Este comportamiento puede provenir tanto de rodamientos geoméricamente perfectos como de rodamientos con imperfecciones de manufactura, problemas de instalación, lubricación y condiciones ambientales inadecuadas o de algún otro factor que ayude a producir desgaste o fatiga.

Cada componente de un tren de máquinas, genera sus señales de vibración específicas. Por ejemplo, consideremos el defecto de una pista de rodamiento. El defecto es impactado por los elementos rodantes (bolas o rodillos), varias veces por cada rotación del eje. Donde los impactos múltiples en el defecto del rodamiento por revolución del eje, causaran una señal impulsiva en frecuencia, que será significativamente mayor que la velocidad del eje.

Otro tipo de frecuencia (bajas), son generadas por desalineaciones y desbalanceo. Estas, señales poseen una frecuencia similar a la de rotación del eje y sus armónicos (2X, 3X), y además tienen mucha mayor amplitud que aquellas causadas por rodamiento o engranajes.

4.3. Detalle de la prueba.

El análisis frecuencial (o espectral), es la técnica más comúnmente empleada para el diagnóstico de fallas por medio del análisis de vibraciones. Se pueden identificar fallas típicas tales como desbalanceo de rotor, desalineamiento, soldaduras mecánicas y defectos en rodamientos. La idea fundamental del análisis frecuencial es encontrar la relación existente entre la frecuencia de las componentes discretas presentes en el espectro y la frecuencia de las fuerzas dinámicas que generan las vibraciones.

Cuando los niveles de vibración son bajos, el ruido electrónico y del ambiente pueden ocultar las componentes espectrales debidas a la vibración y hacer que el análisis espectral



sea dificultoso. Se hace necesario entonces, obtener mediciones con una mejor razón señal ruido (SNR_2). Durante la etapa de recolección de datos de vibración, es posible mejorar la SNR incrementando el número de promedios o mejorando la resolución en frecuencia (utilizando más líneas en el espectro). Adicionalmente se requiere del uso de sensores con bajo ruido eléctrico (inherente) y alta sensibilidad.

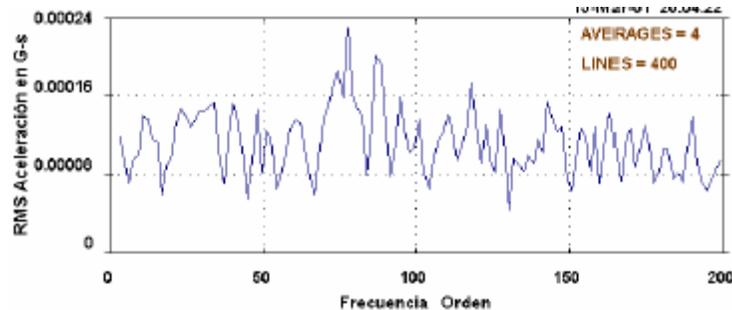


Figura 42. Espectro de aceleración vibratoria donde se ven 4 promedios y 400 líneas de resolución.

Por medio de la promediación espectral se reduce la variabilidad de las amplitudes espectrales del ruido aleatorio en proporción directa a la raíz cuadrada del número de promedios. Sí se toma la medición con un mayor número de líneas (3200), la energía es distribuida entre más puntos discretos, disminuyendo así la amplitud espectral de las componentes aleatorias producidas por el ruido. En este espectro, el cual posee una mejor SNR , es posible identificar las componentes debidas a la vibración, las cuales corresponden a múltiplos del $BPFO$ del rodamiento, indicando así la presencia de una defecto en la pista externa.

4.4. Análisis de la Forma de la Onda

El análisis de la forma de la onda de la vibración es una de las técnicas del dominio tiempo más útiles para detectar defectos en rodamientos. Por ejemplo, el análisis de la forma de onda de la aceleración vibratoria permite identificar los impactos producidos por el paso de los elementos rodantes sobre un defecto localizado, y por medio de su periodicidad y su relación con la frecuencia de falla identificar la localización del defecto (pista interna, externa o canastillo).

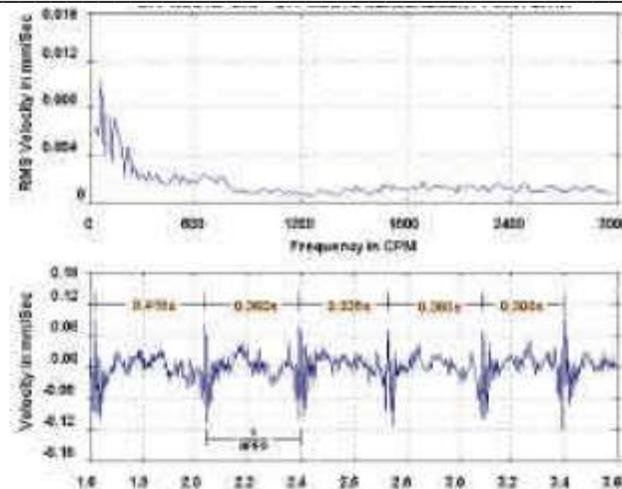


Figura 43. Espectro y forma de onda de rodamiento con pista externa defectuosa y velocidad variable.

Realizaremos una descripción de los tipos de fallas normalmente detectables a través de la medición y análisis de vibraciones y se presentarán dos ejemplos concretos de aplicación de esta técnica, uno de ellos en una maquina rotativa convencional, y el otro en una maquinaria no convencional.

Cerca del 90% de las fallas en maquinarias están precedidas por un cambio en las vibraciones de las mismas.

No todos los tipos de vibraciones son evitables, ya que algunas son inherentes a la operación de la maquinaria en sí misma, por lo que una de las tareas del analista es identificar aquellas que deben ser corregidas y determinar un nivel de vibraciones tolerable.

4.5. Análisis de las Vibraciones en Máquinas

Las vibraciones son un efecto. Cuando se realiza un trabajo de diagnóstico, siempre se busca el efecto para tratar de descubrir la causa. Este trabajo de diagnóstico está compuesto de dos etapas:

- a). Obtención de los datos de una manera sistemática
- b). Interpretar los datos e identificar los problemas.



Para cumplir con el primero de estos objetivos, uno de los primeros pasos a seguir en el análisis de vibraciones en una máquina es obtener un valor "global" de las vibraciones para poder determinar la condición general de la misma. Estas mediciones deben realizarse en distintos puntos y en tres direcciones, vertical, horizontal y axial. Algunos puntos importantes para la medición de las vibraciones son los ubicados sobre los cojinetes o cerca de ellos, porque es a través de los cojinetes por donde se transmiten las fuerzas de vibración.

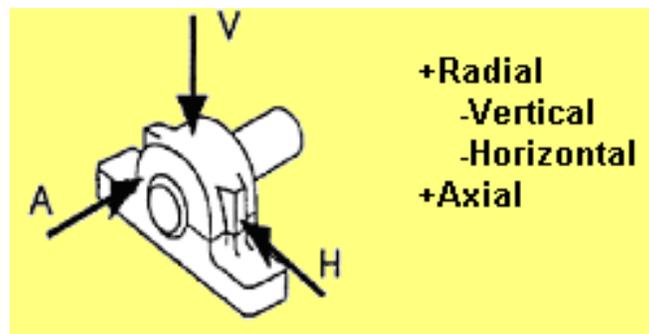


Figura 44. Aquí vemos los puntos de medición en un cojinete.

Las mediciones en distintas direcciones son necesarias debido a que algunos problemas de máquinas rotativas se manifiestan más en alguna dirección que en otra. En general las mediciones de vibraciones globales se realizan en forma de velocidad (mm/seg) debido a que la experiencia ha demostrado que las mediciones de velocidad son la mejor indicación para evaluar la severidad de las vibraciones en el rango normal de frecuencias de giro de las máquinas rotativas usuales (de 10 a 1000 Hz). El valor global de vibraciones obtenido, comparado con los valores recomendados por el fabricante de la máquina, da una idea de la condición mecánica de la misma. En ausencia de valores recomendados por el fabricante, existen tablas y normas que pueden utilizarse al efecto. En la Tabla 13 se presentan los valores característicos de amplitudes de vibración en maquinarias.



								v r.m.s. mm/s	v r.m.s. in/s	Velocidad Vibración 10 - 1000Hz f = 400 mm/s (2 - 1000Hz f = 120 in/s)																																								
<table border="1"> <tr> <td>rigida</td> <td>flexible</td> <td>rigida</td> <td>flexible</td> <td>rigida</td> <td>flexible</td> <td>rigida</td> <td>flexible</td> <td colspan="2">Fundación</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Bombas < 15 kW radial, axial, diagonal</td> <td colspan="2">Máquinas medianas 15 kW < P < 300 kW</td> <td colspan="2">Máquinas Grandes 300 kW < P < 50 MW</td> <td colspan="2">Tipo de Máquina</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Acople directo</td> <td colspan="2">Eje intermedio / Poleas</td> <td colspan="2">Motores 160 mm ≤ H < 315 mm</td> <td colspan="2">Motores 315 mm ≤ H</td> <td colspan="2">Grupo</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grupo 4</td> <td colspan="2">Grupo 3</td> <td colspan="2">Grupo 2</td> <td colspan="2">Grupo 1</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>								rigida	flexible		rigida	flexible	rigida	flexible	rigida	flexible	Fundación		Bombas < 15 kW radial, axial, diagonal				Máquinas medianas 15 kW < P < 300 kW		Máquinas Grandes 300 kW < P < 50 MW		Tipo de Máquina		Acople directo		Eje intermedio / Poleas		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H		Grupo		Grupo 4		Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1				11	0.433
								rigida	flexible		rigida	flexible	rigida	flexible	rigida	flexible	Fundación																																	
								Bombas < 15 kW radial, axial, diagonal				Máquinas medianas 15 kW < P < 300 kW		Máquinas Grandes 300 kW < P < 50 MW		Tipo de Máquina																																		
								Acople directo			Eje intermedio / Poleas		Motores 160 mm ≤ H < 315 mm		Motores 315 mm ≤ H		Grupo																																	
								Grupo 4			Grupo 3		Grupo 2		Grupo 1																																			
								7.1	0.290																																									
								4.5	0.177																																									
								3.5	0.138																																									
2.8	0.110																																																	
2.3	0.091																																																	
1.4	0.055																																																	
0.71	0.028																																																	
								<ul style="list-style-type: none"> ■ Puesta en operación recientemente. ■ Operación para largo plazo. ■ Operación para corto plazo. ■ Vibración causando daños. 																																										

Tabla 13. Presenta la norma ISO 10816 utilizada para analizar la severidad de las vibraciones mecánicas.

Debe tenerse en cuenta, tal como lo advierte correctamente la norma, que estos son valores sólo de referencia. El nivel de vibraciones depende de la energía total entregada a la máquina. Parte de esta energía se convierte en vibraciones y ruido. Una máquina de gran tamaño tendrá obviamente valores globales de vibraciones mayores que, por ejemplo, un motor de 1 HP. En las máquinas de mayor tamaño son prácticamente imposibles de alcanzar valores globales de vibraciones tan bajos como los de máquinas más pequeñas.

En el caso en que se encuentre que los valores globales de amplitud de vibración para una máquina en particular revelan una mala condición de la misma, deben realizarse mediciones adicionales que nos permitan determinar las causas de ese mal funcionamiento.

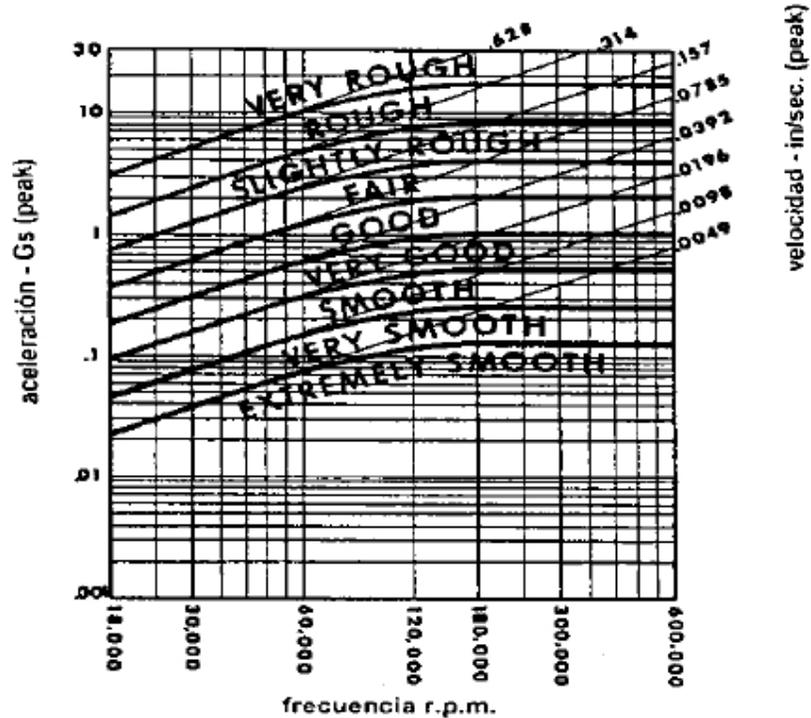


Tabla 14. Esquema utilizado comúnmente para interpretar las vibraciones.

Si bien existen distintas maneras presentar las mediciones de vibraciones de una máquina rotativa con el objetivo de detectar e identificar problemas específicos en la misma, alrededor del 85% de los problemas mecánicos de las mismas pueden identificarse realizando un análisis en el dominio de las frecuencias, lo que significa presentar las mediciones de vibraciones en la forma de amplitud de vibración vs. frecuencia. En la Figura 45 se presenta, a modo de ejemplo, el espectro de vibraciones obtenido sobre uno de los cojinetes de una bomba de agua.

Figura 45. Espectro de vibraciones obtenido de una medición sobre un cojinete de una bomba de agua..



El análisis de vibraciones en maquinarias se basa en el hecho de que en muchos casos es posible relacionar las frecuencias de vibración con el problema específico con el que nos hemos encontrado, mientras que la amplitud de la misma da una indicación de la severidad del problema.

En la Tabla 15 se presenta un listado de las frecuencias comúnmente encontradas en espectros de vibración de maquinarias, junto con las causas probables de los problemas asociados a las mismas.

FRECUENCIA	CAUSAS PROBABLES DE FALLA
1 x RPM	Desbalanceo, engranajes o poleas descentradas, desalineamiento o eje flexionado, resonancia, problemas eléctricos, fuerzas alternativas.
2 x RPM	Huelgos o juegos mecánicos, desalineamiento, fuerzas alternativas, resonancia.
3 x RPM	Desalineamiento, combinación de huelgos mecánicos axiales excesivos con desalineamiento
< a 1 x RPM	Remolino de aceite (oil whirl) en cojinetes o rotores
Frec. de línea	Problemas eléctricos
Armónicas de RPM	Engranajes dañados, fuerzas aerodinámicas, fuerzas hidráulicas, huelgos o juegos mecánicos, fuerzas alternativas
Alta frecuencia (no armónicas)	Cojinetes antifricción en mal estado

Tabla 15. Frecuencias comúnmente encontradas y sus posibles causas.

Como puede apreciarse en esta tabla, existen numerosos problemas mecánicos y eléctricos que pueden originar espectros de frecuencia similares. En estos casos es necesario obtener información adicional, ya sea a través de la medición de las vibraciones en distintas direcciones, como así también analizando los espectros obtenidos en distintas condiciones de operación de la máquina o analizando transitorios como los de arranque y detención de la máquina o relaciones de fase entre puntos de medición. Por ejemplo dos causas muy comunes de fallas, como son el desbalanceo y desalineamiento producen espectros con



picos importantes en 1 x RPM, por lo que para reconocerlos se deben tener en cuenta otras características como las presentadas en la Tabla 16.

DESBALANCEO	DESALINEAMIENTO
Pico importante en 1xRPM	Importantes armónicas de 1xRPM
Vibraciones axiales bajas	Altas vibraciones axiales
Mediciones en fase	Mediciones en contrafase
Independiente de la temperatura	Las vibraciones cambian con el aumento de temperatura
Depende de la velocidad debido a la fuerza centrífuga	Baja sensibilidad a los cambios de velocidad

Tabla 16.. Reconociendo los problemas de desbalanceo y desalineamiento.

Un análisis estadístico de las ocurrencias de los distintos problemas asociados a maquinarias indica que:

- 40% de los problemas se debe a desbalanceo
- 30% debido a desalineamiento (en máquinas acopladas)
- 30% debido a problemas en correas y poleas (en máquinas a polea)
- 20% debido a resonancias
- 10% debido a los rodamientos
- 10% debido a otras causas (cavitación, remolino de aceite, huelgos o juegos mecánicos, turbulencia en cañerías, etc).

Por lo tanto, un análisis racional de vibraciones en maquinarias debería comenzar analizando los problemas de mayor ocurrencia estadística, y luego de descartarlos seguir con los menos probables.

4.6. Ejemplo de Medición y Análisis de Vibraciones en un Conjunto Bomba - Motor

Las mediciones de vibraciones que se realizaron en dicho conjunto se decidieron luego de que la bomba tuviera que ser desmontada para ser enviada a la firma constructora de la misma con el objeto de realizar una serie de reparaciones y vuelta a montar en su lugar de



operación. Estas mediciones estaban focalizadas en dos objetivos: por un lado verificar un funcionamiento

adecuado luego de las reparaciones y tareas de montaje y por otro lado servir como datos de base para un programa de mantenimiento predictivo del conjunto.

La bomba es del tipo centrífuga de dos etapas, con rotores de cinco álabes y un caudal máximo de operación de 200 m³/h y presión en la salida del impulsor de 16 Kg/cm²; el motor que la acciona es de 220 C.V. de potencia a 1.500 RPM.

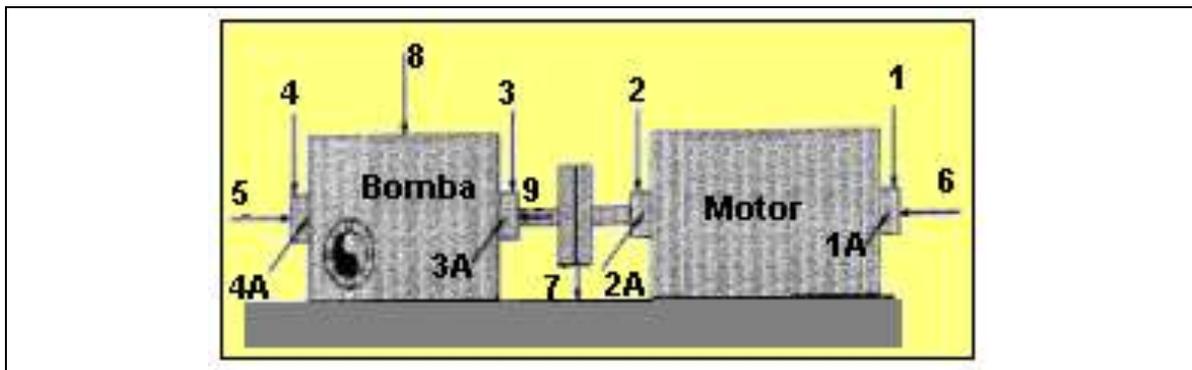


Figura 46. Esquema sistema Bomba-Motor y donde se ven los puntos de medición de vibraciones.

En la Tabla 17 se presentan los valores globales obtenidos mientras que en las Figuras 47 y 48 se presentan, a manera de ejemplo, los espectros de frecuencia correspondientes a los puntos de medición sobre el motor y sobre la bomba respectivamente.

PUNTO DE MEDICION	VALOR GLOBAL (RMS)
1	5,70
1 A	11,50
2	4,80
2 A	11,40
3	6,20
3 A	7,50
4	6,00
4 A	10,00
5	4,00
6	4,90
7	2,80
8	2,80
9	7,90



Tabla 17: Valores globales de vibración RMS [mm/seg] luego del montaje

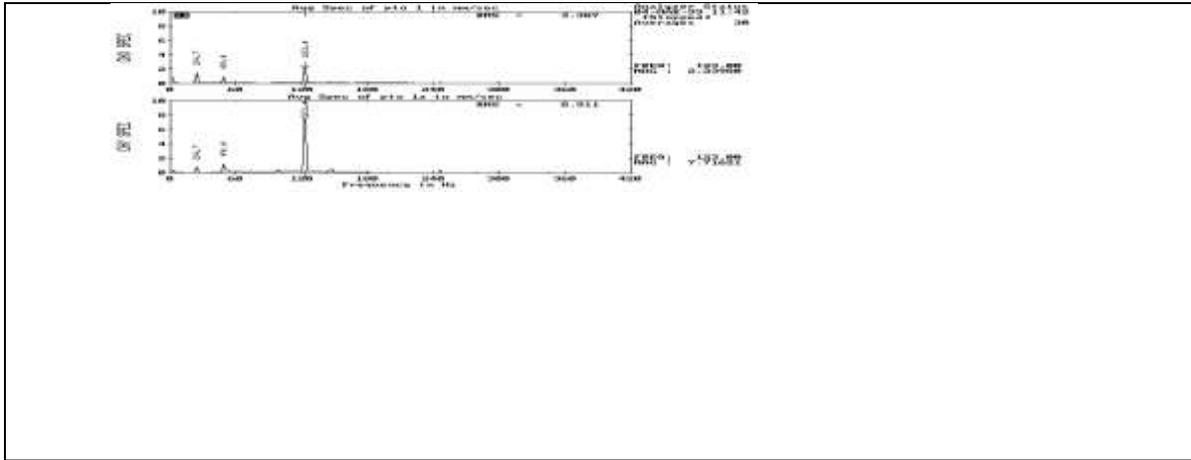


Figura 47. Espectros de frecuencia obtenidos en dos puntos de medición en el motor

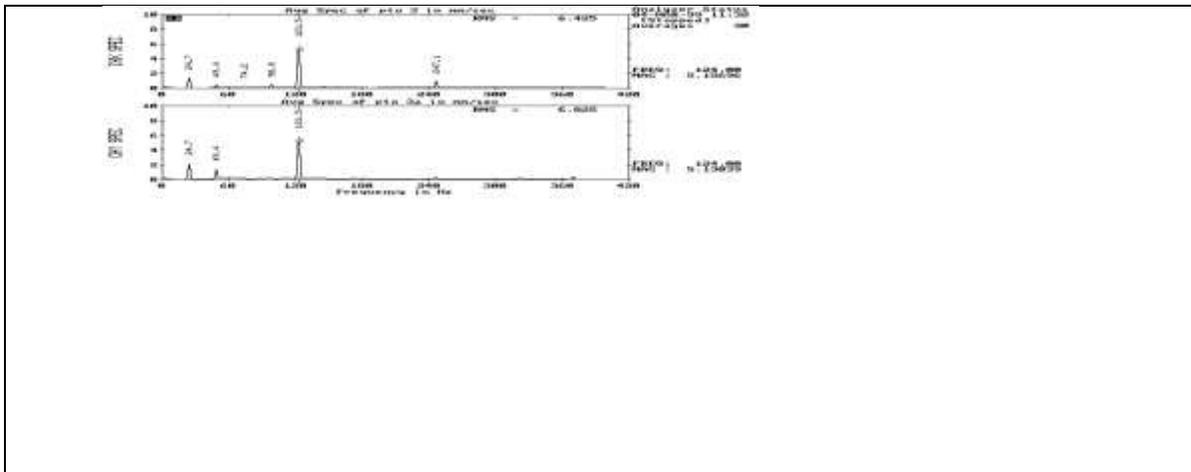


Figura 48. Espectros de medición obtenidos en dos puntos de la bomba.

Los valores globales de vibración revelaron una condición de operación que podía clasificarse como insatisfactoria, o hasta en algunos casos como inaceptable. Al mismo tiempo, las características de los espectros de frecuencia obtenidos descartaban problemas originados en resonancias o desbalanceo, por lo que el diagnóstico del problema se orientó hacia la acción de importantes fuerzas hidráulicas, ya que la mayoría de las bombas centrífugas operan con fuerzas hidráulicas inherentes a su funcionamiento originadas en las



pulsaciones de presión que aparecen cada vez que un alabe del impulsor pasa por el difusor estacionario. Si el impulsor está correctamente centrado en la carcasa de la bomba y está alineado con los difusores, las pulsaciones de presión se balancean y las vibraciones resultantes son mínimas. Estas vibraciones generalmente son de una frecuencia igual al número de álabes del impulsor multiplicado por las RPM del motor. En caso de que las pulsaciones de presión no se balanceen devienen importantes niveles de vibración, principalmente en la frecuencia antes mencionada. En el caso de la bomba analizada esta frecuencia corresponde al pico de 123,5 Hz que se puede observar en los espectros de las Figuras 46 y 47. La inspección posterior de la bomba reveló que existía un desalineamiento entre el rotor y los difusores.

Defectos Localizados:

Son en general producidos por grietas, hendiduras, rebordes, resaltes, picaduras y descascaramiento. El mas común de todos es la picadura de las pistas o de los elementos rodantes, causado cuando una grieta por fatiga originada sub-superficialmente se propaga hacia la superficie hasta que una pieza de metal se desprende superficialmente produciendo un pequeño defecto. La falla por fatiga superficial es acelerada cuando el rodamiento está sobrecargado o sometido a cargas de choque o impacto durante su funcionamiento o instalación y también con el incremento de velocidad.

Defectos Distribuidos:

Dentro de éstos se encuentran: las rugosidades superficiales, ondulaciones sobre las pistas, desalineamiento de las pistas y elementos rodantes desiguales. Pueden ser causados por errores en la manufactura, inadecuada instalación o debido al desgaste. Las vibraciones debidas a defectos de manufactura han resultado ser más bajas en la mayoría de los casos, que las debidas a defectos producidos por desgaste o fatiga.

La variación de las fuerzas de contacto entre los elementos rodantes y las pistas causan un incremento en el nivel de vibración. Puesto que resulta difícil discernir cuando la vibración es causada por defectos localizados o distribuidos, es recomendable analizar tanto la frecuencia como la amplitud de las componentes espectrales relacionadas con la vibración.



4.7. Evolución de la falla por picadura

El primer síntoma que se presenta cuando aparece esta falla, es decir, en su *etapa incipiente*, es una vibración con componentes de alta frecuencia (generalmente mayores a 5 Khz), producto de la generación de ondas de esfuerzo y de otros tipos, las que a la vez excitan frecuencias naturales del soporte y pistas del rodamiento y/o del sensor con el cual se realiza la medición. En esta etapa la temperatura no se incrementa y las grietas no son visibles y con frecuencia ocurren debajo de la superficie de las pistas. En esta etapa aún no es necesario el cambio del rodamiento.

En una *segunda etapa* las grietas empiezan a ser visibles al ojo humano y el rodamiento produce sonido audible y la temperatura en algunos casos se incrementa. En esta etapa aparecen componentes frecuenciales relacionadas con las frecuencias de falla de los rodamientos en la zona de frecuencia baja e intermedia y hay un incremento del ruido audible. Las frecuencias de falla de los rodamientos son comúnmente designadas por *BPFO*, *BPFI*, *BSF* y *FTF*^{*}. Estas frecuencias son determinadas en base a la geometría y velocidad de rotación del rodamiento o directamente de diferentes software comerciales.

A medida que la falla avanza, pueden aparecer gran cantidad de bandas laterales alrededor de las frecuencias de falla, relacionadas con la velocidad de rotación o la *FTF*, y modulaciones entre las diferentes frecuencias de falla cuando la picadura se ha extendido a pistas y elementos rodantes. En esta etapa se hace necesario comenzar a programar la operación necesaria para poder realizar el cambio de el rodamiento.

En una *tercera etapa*, cerca a una falla catastrófica, el ruido incrementa significativamente y se puede producir sobrecalentamiento. El rápido desgaste incrementa los huelgos dentro del rodamiento lo que permite movimiento del eje relativo al rodamiento, pudiendo llegar a ser muy peligroso por roces con otros componentes de la máquina. En esta etapa, la vibración en la región de alta frecuencia disminuye, crece la componente a la velocidad de rotación y las vibraciones tienden a ser aleatorias. En este momento, será necesario el cambio inmediato del rodamiento.

Aunque ésta es la forma más general que se presenta cuando un rodamiento desarrolla una falla, se debe tener presente que cada rodamiento puede tener modos de falla diferentes y



con una rata de progresión distinta que depende en gran medida de las condiciones de carga, velocidad, temperatura, humedad y lubricación a que esté sometido.

4.8. Medición de Vibración

La medición de la Vibración se puede definir como el estudio de las oscilaciones mecánicas de un sistema dinámico. Las mediciones de vibración deben ser hechas con la finalidad de producir los datos necesarios, para realizar significativas conclusiones del sistema bajo prueba. Estos datos pueden ser usados para minimizar o eliminar la vibración, y por tanto eliminar el ruido resultante. En algunas aplicaciones, el ruido no es el parámetro a controlar, sino la calidad del producto obtenido por el sistema.

Un sistema de medición y procesamiento de señales de vibración por computadora típico, está formado por:

- a. Los transductores de vibraciones (*Acelerómetros, LVDTs, Sondas de Corriente Eddy o corrientes parásitas*) los cuales son los encargados de transformar las vibraciones en señales eléctricas.
- b. Un sistema de acondicionamiento de señal, el cual se encarga de recoger las diferentes señales, amplificarlas y llevarlas a los niveles de tensión aceptados por el sistema de adquisición de datos.
- c. La tarjeta de adquisición de datos, la cual se encarga de digitalizar la señal, realizando para ello, un muestreo discreto de la señal analógica proveniente del acondicionamiento de señal, y de introducirla al computador donde se realizan diferentes tipos de procesamiento para obtener toda la información que se requiere para el análisis y monitoreo de las vibraciones de las máquina.



4.9. Transductores de medición de vibración

Los transductores de vibración son empleados para medir la velocidad lineal, desplazamiento, proximidad, y también la aceleración de sistemas sometidos a vibración. En general, los transductores empleados en el análisis de vibración, convierten la energía mecánica en energía eléctrica, lo que significa que producen una señal eléctrica la cual está en función de la vibración. Estos pueden ser usados aisladamente, o en conjunto con un sistema de adquisición de datos. Se pueden encontrar en diversas presentaciones que pueden ser, elementos sensores simples, transductores encapsulados, o ser parte de un sistema sensor o instrumento, incorporando características tales como totalización, visualización local o remota y registro de datos. Los transductores de vibración pueden tener de uno a tres ejes de medición, siendo estos ejes ortogonales. Al momento de seleccionar transductores de vibración es necesario considerar cinco características principales a saber: rango de medición, rango de frecuencia, precisión, sensibilidad transversal y condiciones ambientales. El rango de medición puede ser en unidades “g” para la aceleración, en *pulgadas/sec* para velocidad lineal (y *otras distancias en el tiempo*), y pulgadas u otras distancias para desplazamiento y proximidad. La frecuencia es medida en Hz. (*Hertz*) la precisión es comúnmente representada como un porcentaje del error permisible sobre el rango completo de medición del dispositivo. La sensibilidad transversal se refiere al efecto que una fuerza ortogonal puede ejercer sobre la fuerza que se está midiendo, ésta sensibilidad también se representa como un porcentaje del fondo escala de la interferencia permisible. Para las condiciones ambientales, se deben considerar variables tales como la temperatura de operación y la máxima fuerza de vibración y choque, que el transductor será capaz de manejar. A continuación se muestran los diferentes tipos de transductores usados para la medición de vibración:

- **Transductores de Aceleración**

- o Acelerómetros Piezoresistivos
- o Acelerómetros Piezoeléctricos

- **Transductores de desplazamiento**

- o LVDTs
- o Corriente *Eddy*
- o Capacitivos



• Transductores de velocidad

o Vibrómetros Láser

4.9.1. Acelerómetros

Los acelerómetros son dispositivos para medir aceleración y vibración. Estos dispositivos convierten la aceleración de gravedad o de movimiento, en una señal eléctrica analógica proporcional a la fuerza aplicada al sistema, o mecanismo sometido a vibración o aceleración. Esta señal analógica indica en tiempo real, la aceleración instantánea del objeto sobre el cual el acelerómetro está montado. Los acelerómetros miden la aceleración en unidades “g”. Un g se define como la fuerza gravitacional de la tierra aplicada sobre un objeto o persona. Los acelerómetros son direccionales, esto quiere decir que sólo miden aceleración en un eje. Para monitorear aceleración en tres dimensiones, se emplea acelerómetros multi-ejes (*ejes x,y,z*), los cuales son ortogonales. Existen dos tipos de acelerómetros a saber: pasivos y activos.

Los acelerómetros pasivos envían la carga generada por el elemento sensor (*puede ser un material piezoeléctrico*), y debido a que esta señal es muy pequeña, estos acelerómetros requieren de un amplificador para incrementar la señal. Los acelerómetros activos incluyen circuitos internos para convertir la carga del acelerómetro a una señal de voltaje, pero requieren de una fuente constante de corriente para alimentar el circuito.

Las opciones de salida eléctrica dependen del sistema utilizado con los acelerómetros. Las opciones analógicas comunes son voltaje, corriente, y frecuencia. Las opciones digitales son las señales paralelas y seriales. Otra opción es usar acelerómetros con una salida de cambio de estado de switches o alarmas.



Figura 49. Apariencia física de un acelerómetro.



Existen dos tipos de acelerómetros básicamente:

- Acelerómetros de Alta Impedancia
- Acelerómetros de Baja Impedancia

4.9.2. Acelerómetros de Alta Impedancia:

La salida de carga del cristal tiene una impedancia de salida alta.

La alta impedancia resultante del acelerómetro es esencialmente útil en donde las temperaturas exceden los 120 °C.

Este tipo de sensor requiere el uso de conductor para bajo ruido. Note que la señal de alta impedancia debe ser convertida a baja impedancia con un convertidor de impedancia o un amplificador de carga antes de ser conectado a un sistema de adquisición de datos. Generalmente, si la sensibilidad de salida es especificada en unidades de pC/g (*pico coulombs por g*) se tienen un sensor de alta impedancia.

En un acelerómetro de baja impedancia se deben emplear sistema micro electrónicos ubicados dentro de la carcasa del sensor, para detectar la carga generada por el cristal piezoeléctrico. De esta manera, la transformación de alto a bajo es hecha en el punto de medición y solo se transmiten señales de baja impedancia desde el sensor. Una salida de baja impedancia es deseable cuando se requieren grandes distancias, también proveen una impedancia propia para la mayoría de los sistemas de adquisición de datos. Generalmente, si la sensibilidad de salida esta especificada en mv/g (*milivoltios por unidad g*) tales como 10 mv/g o 100 mv/g, se tiene un sensor de baja impedancia.

4.9.3. Acelerómetros Piezoeléctricos

Este tipo de acelerómetros aprovechan los fenómenos piezoeléctricos en algunos materiales, para generar una señal eléctrica proporcional, a la aceleración de la vibración a la que son sometidos. El elemento activo del acelerómetro es un cristal piezoeléctrico pegado a una masa conocida. Un lado del cristal esta conectado a un poste rígido en la base del sensor. En el otro lado se encuentra adjunto un material llamado masa sísmica. Cuando el acelerómetro se encuentra sometido a vibración, se genera una fuerza, la cual actúa sobre el elemento piezoeléctrico. Esta fuerza es igual al producto de la aceleración por la masa sísmica. Debido al efecto piezoeléctrico, se genera una salida de carga proporcional a la fuerza aplicada. Puesto que



la masa sísmica es constante, la señal de salida de carga es proporcional a la aceleración de la masa. Sobre un amplio rango de frecuencia tanto la base del sensor como la masa sísmica tienen la misma magnitud de aceleración, allí el sensor mide la aceleración del objeto bajo prueba.

Existen diversos materiales de cristales piezoeléctricos, que son útiles en la construcción de acelerómetros. Entre los materiales más comunes se tiene Metaniobato cerámico, Zirconato, Titanato y cristales naturales de cuarzo. Existen también, diferentes configuraciones mecánicas de las masas y cristales dentro de la carcasa del acelerómetro. Las configuraciones típicas incluyen compresión aislada, esquila, y esquila en anillo.

Los acelerómetros piezoeléctricos son extremadamente versátiles y ampliamente usados para la supervisión de maquinarias industriales. Los acelerómetros industriales típicos miden niveles de vibración en *micro-g's* desde 60 c.p.m. hasta unos 900,000 c.p.m. (1 a 15,000 Hz).

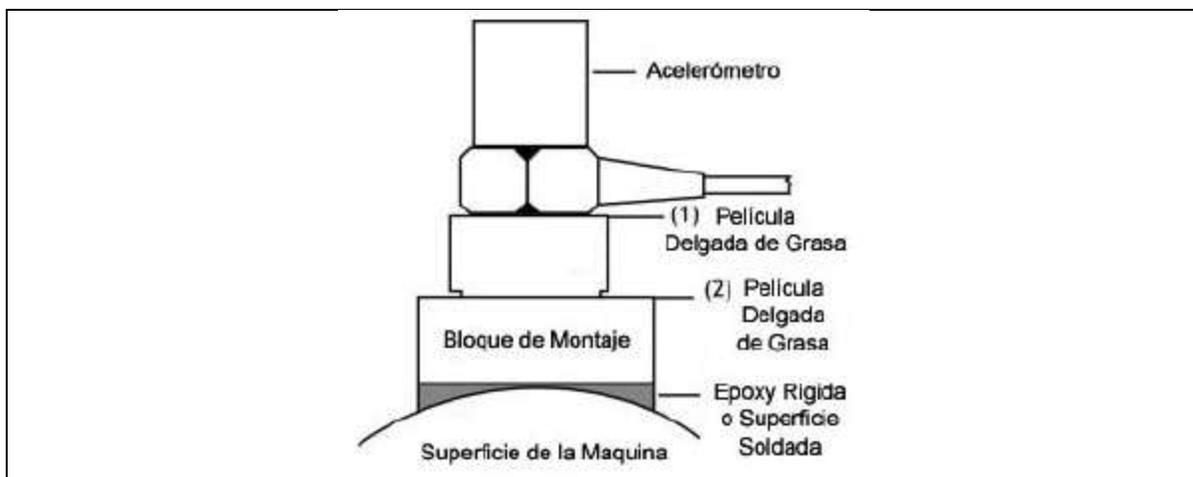


Figura 50. Acelerómetro Piezoeléctrico.

Comparados con otros tipos de transductores, los acelerómetros piezoeléctricos tienen las siguientes ventajas:

- Un rango de medición bastante elevado, bajo ruido de salida
- Excelente linealidad en todo su rango dinámico
- Amplio rango de frecuencias
- Tamaño Compacto
- No lleva partes móviles
- Auto-generación – No se requiere alimentación externa



4.9.4. Transductores de Piezovelocidad

Los transductores de PiezoVelocidad (*PVT*) funcionan de manera similar a los acelerómetros piezoeléctricos, pero están diseñados para trabajar en sistemas de baja velocidad, en el rango aproximado de 90 a 3600 cpm. El PVT incluye un convertidor de velocidad y emplea un elemento sensor piezocerámico y una masa sísmica densa para producir una carga de salida proporcional a la aceleración.

4.9.5. Adicionalmente existen otras clases de acelerómetros tales como:

- Acelerómetros de alta sensibilidad para estudios geológicos y de terremotos
- Acelerómetros para choque
- Acelerómetros capacitivos para baja frecuencia
- Acelerómetros miniatura
- Amplificadores y convertidores de carga
- Calibradores de vibración
- Medidores de vibración portátiles
- Monitorizado de vibraciones en máquinas industriales

4.9.6.. Transformador Diferencial Variable Lineal

(LVDT linear variable differential transformer)

Los LVDT son dispositivos electromecánicos que producen una salida eléctrica proporcional al desplazamiento de un núcleo movable separado. Este consiste de una serie de inductores o bobinas incubadas dentro de un eje cilíndrico hueco y un núcleo cilíndrico. Los inductores internos se denominan bobina primaria y bobinas secundarias y se encuentran espaciadas simétricamente. Un núcleo magnético movable en forma de cilindro dentro del ensamble provee un camino para el flujo magnético dentro de los bobinados.

Cuando se energiza la bobina primaria, mediante una fuente externa AC, se inducen tensiones en las dos bobinas secundarias. Estas se encuentran conectadas inversamente, de manera que ambas tensiones tienen polaridad opuesta. Por consiguiente, la salida neta del transductor es la diferencia entre estas tensiones, la cual es cero cuando el núcleo está en el centro o en posición nula. Cuando se mueve el núcleo de su posición nula, la tensión inducida en la bobina hacia la cual se mueve el núcleo, se incrementa, mientras la tensión inducida en la bobina opuesta decrece. Esta acción produce una tensión de salida diferencial que varía linealmente con los



cambios en la posición del núcleo. La fase de esta tensión de salida cambia abruptamente 180° a medida que el núcleo se mueve de lado, de la posición nula a un extremo (*El núcleo debe estar siempre completamente dentro del ensamblado de las bobinas durante la operación del LVDT, de otra manera habrán problemas de no-linealidad*).

Los LVDT pueden ser usados en diferentes dispositivos de medición, que necesitan convertir cambios de posición física en una señal eléctrica. La falta de fricción entre el cilindro y el núcleo prolonga la vida del LVDT y le dan una buena resolución. Además, la pequeña masa del núcleo le da al LVDT buena sensibilidad en pruebas dinámicas.

4.9.7. Transductor de Desplazamiento (*Corriente Eddy*)

Los instrumentos de *Corriente Eddy* son dispositivos de desplazamiento sin contacto, que miden directamente la posición de un eje giratorio con respecto a un punto “fijo”. El cambio en la posición de un eje provee una indicación directa de la vibración. La punta de la sonda contiene una bobina encapsulada, la cual cuando es excitada con una señal de alta frecuencia genera un campo electromagnético. A medida que el eje rota bajo condiciones de vibración, se alejará o acercará a la punta de la sonda interactuando por consiguiente, con el campo electromagnético. Se inducirá una corriente *Eddy*, cuya energía es proporcional a la interferencia del campo magnético. Por lo tanto, midiendo el valor de la corriente *Eddy*, se puede determinar la posición del eje y por consiguiente la vibración,

La clave para la gran aceptación de este tipo de transductor es que ha probado ser funcional en campos accidentados, por su simplicidad y confiabilidad de operación. La construcción de la sonda de prueba lo capacita para resistir altas temperaturas y ambientes hostiles, los cuales son muy típicos en instalaciones de maquinarias industriales.

Los componentes electrónicos asociados con la sonda de corriente *Eddy*, proveen la señal de excitación de alta frecuencia y una salida proporcional a la señal de corriente *Eddy* (*normalmente 200 mV/mil de vibración*).

4.9.8. Transductor de desplazamiento Tipo Capacitivo

Los transductores de posición o desplazamiento capacitivos son dispositivos analógicos sin contacto. Un sensor capacitivo de dos electrodos consiste de dos placas que forman parte de un puente capacitivo. Una placa (*sonda*) esta fija, la otra placa (*Objetivo*) esta conectada al objeto a ser posicionado. Puesto que el tamaño de la placa y el medio dieléctrico (aire) no cambian, las



capacitancia esta directamente relacionada a la distancia entre las placas. En la práctica, se emplean sistemas electrónicos ultraprecisos para convertir la información de capacitancia en una señal proporcional a la distancia.

4.9.9. Vibrómetros Doppler Láser (LDV)

El vibrómetro Láser Doppler es un dispositivo de medición que emplea la tecnología láser y la interferometría óptica para medir de forma remota, velocidades de superficie o vibraciones de puntos específicos en una estructura en vibración, con una alta resolución espacial, y un amplio rango de amplitud y frecuencias.

El principio de la Vibrometría Láser (LDV) se apoya en la detección de un cambio Doppler en la frecuencia de la luz coherente dispersada por un objetivo en movimiento, del cual se obtiene una medición resuelta en el tiempo de la velocidad del objetivo. Para ello, se proyecta un rayo láser sobre la superficie en vibración. El cambio en frecuencia de la luz recogida de vuelta desde la superficie, es una cantidad proporcional a la velocidad de la superficie (El efecto Doppler). El instrumento mide este desplazamiento de frecuencia para producir una señal de velocidad instantánea la cual puede ser analizada subsecuentemente.

Un vibrómetro típico comprende una "cabeza" o sensor óptico interferométrico y una unidad electrónica de control. El controlador procesa la señal de la cabeza óptica y entrega un voltaje analógico proporcional a la velocidad o desplazamiento de un punto de la superficie.

4.9.9.1. Interferometría: Es el proceso de cuantización del fenómeno que se observa cuando se superponen dos frentes de onda luminosos, que dependen del retraso relativo entre las ondas que se superponen.

A diferencia de los transductores convencionales tales como los acelerómetros que se tienen que fijar en la superficie de prueba, los vibrómetros láser operan completamente sin contacto y no son afectados por la superficie, ni por las condiciones ambientales tales como la temperatura y presión. Los vibrómetros láser están técnicamente bien adaptados a las aplicaciones generales pero ofrecen beneficios especiales donde se imponen ciertas restricciones de medición, por ejemplo altas frecuencias de operación, alta resolución espacial u operación de transductores remotos, o por la estructura misma, la cual puede ser de una superficie caliente, de luz, o rotatoria. Las mediciones sobre tales estructuras son a menudo, aplicaciones importantes para LDVs.



La Vibrometría Láser Doppler ofrece una solución particularmente versátil para muchos problemas de medición industriales. Las láminas de deflexión de estructuras mecánicas y sus componentes pueden ser medidas fácil y rápidamente, sin necesidad de superficies de prueba. El rango de medición de amplitud y frecuencia de un Vibrómetro Láser abarca típicamente desde señales DC a señales de más de 300 kHz.

Puesto que la salida es directamente proporcional a la velocidad instantánea de la superficie, esta técnica ofrece una alternativa a los transductores de contacto para mediciones de movilidad.

4.9.9.2. Áreas de Aplicación

La medición de vibración a través de Vibrometría láser, siempre ha sido un problema de particular interés para las industrias aeroespaciales y automotrices, sin embargo, debido a su gran precisión, el uso de esta técnica de medición, se está difundiendo hacia otras aplicaciones y procesos industriales tales como:

- Control de Calidad de Productos
- Medición de fluidos
- Control de Calidad en Tubos de Rayos Catódicos para Televisión
- Optimización en la producción de cornetas de sonido de elevada potencia
- Evitar la excesiva vibración que pueda dañar equipos rotativos.

4.9.9.3. Equipos de Procesamiento y visualización

Existen diferentes formas de analizar y visualizar las señales de vibración provenientes de los transductores, una de ellas es el análisis del valor eficaz o “rms” de la señal, otra es su amplitud pico a pico o simplemente su amplitud pico, y otra es el valor promedio (rectificada) de la señal. El mejor análisis que se puede hacer de las señales de vibración, es el análisis de frecuencia, donde éstas pueden ser descompuestas en una serie de componentes armónicas, que crean un espectro de diferentes frecuencias y muestran que tan significativa, es la señal de frecuencia fundamental con vibración, debe tener la capacidad de analizar el espectro de frecuencias de la señal y mostrarla de manera precisa.



Los analizadores son la herramienta más importante en los estudios de vibración. Estos equipos normalmente están equipados con alguna forma de pantalla gráfica, tal como un tubo de rayos catódicos, pantalla de computador o monitor donde se puede ver la señal para su análisis.

4.10. Fabricantes de Instrumentos de medición de Vibración

Se mencionan algunos de los principales fabricantes de equipos de Instrumentación para la medición de Vibración:

- ADE Technologies Inc.
- Columbia Research Labs, Inc.
- Extech Instruments Corp.
- Hardy Instruments, Inc.
- Instrumented Sensor Technology
- Monarch Instrument
- Philtec, Inc.
- Polytec PI, Inc.
- Soltec Corporation
- Transcat
- Vibra-Metrics
- Dytran Instruments, Inc.
- LDS-Dactron
- MTI Instruments Inc.
- PCB Piezotronics, Inc.
- Wilcoxon Research



4.11. COSTOS DE LOS EQUIPOS

Cant.	Marca	Modelo	Descripción	Código Identificador Grainger	Precio CIF EL SALV US(\$)
1 Juego	Extech Instrument	Medidor de Vibración para Trabajo Pesado	Incluye 1 Medidor de vibración con capacidad de medir la aceleración con rango (0.5 a 200 m/s) Frecuencia con rango (10 a 1000Hz), Velocidad con rango (0.5 a 200 mm/sec), desplazamiento (0.005 a 2 mm) todos estos con una precisión de $\pm 5\%$, 1 montura magnética, grabación de datos, 1 sensor de vibración remoto, 1 funda, 1 batería 9V, 1 estuche	1AEV9	1008.98
				TOTAL	1008.98

*Distribuidor Grainger El Salvador **Ver anexo D

4.12. Conclusiones

- Cabe mencionar que el equipo detallado en el presente capítulo y cuya adquisición se recomienda cumple con los estándares para este tipo de prueba aunque en el mercado se encuentran equipos de mayor precisión y con ello el costo es más alto.
- Las pruebas de vibraciones son realizadas sobre los equipos cuando se encuentran estos en funcionamiento midiendo los parámetros de las vibraciones producidos y comparándolos con patrones establecidos para detectar anomalías o su evolución.
- Este tipo de pruebas es ampliamente utilizada como método de análisis en la industria ya que puede detectar la evolución del patrón de funcionamiento en elementos rotatorios, destacando la importancia de esta prueba.



Capitulo 5
Corrientes parásitas.



5.1. Inspección por corrientes parásitas.

La técnica de análisis por corrientes parásitas se utiliza para inspeccionar eléctricamente materiales conductores en busca de defectos, irregularidades en estructura y variaciones en composición. En la prueba por corrientes parásitas, si una fuente de corriente alterna se conecta a una bobina se produce un campo magnético variable.



Fig.51. Fotografía de un equipo de prueba para corrientes parásitas marca OLYMPUS modelo NORTEC serie 500.

5.2. Alcance.

Esta prueba cubre el procedimiento para ciertos metales ferrosos usando el método electromagnético (corrientes parásitas o eddy currents). El procedimiento se relaciona con instrumentos que usan bobinas ya sean absolutas o comparativas para distinguir variaciones en la masa, forma , conductividad, permeabilidad y otras variables tales como la dureza y el tipo de aleación que afectan el electromagnetismo o sus propiedades electromagnéticas.

5.3. Descripción de la prueba.

Cuando este campo se coloca cerca de una muestra a prueba, capaz de conducir una corriente eléctrica, se inducirán en la muestra corrientes parásitas. A su vez, estas corrientes producirán un campo magnético propio. La unidad de detección medirá este nuevo campo magnético y convertirá la señal en un voltaje que puede leerse en un medidor o en un tubo de rayos catódicos. Propiedades como la dureza, la composición de la aleación, la pureza química y la condición de tratamiento térmico influyen en el campo magnético y se pueden medir directamente con el uso de una sola bobina. Un empleo importante que se da a esta prueba es la



inspección de materiales para detectar posibles variaciones con el tratamiento térmico o con posibles derivaciones en la composición química, esta aplicación requiere el uso de dos bobinas. Una pieza estándar se coloca en una bobina y la pieza a prueba en la otra. La aceptación o rechazo de la pieza a prueba puede determinarse comparando las gráficas de las dos piezas, que aparecen sobre la pantalla del osciloscopio.

Las pruebas electromagnéticas se basan en la medición o caracterización de uno o más campos magnéticos generados eléctricamente e inducidos en el material de prueba. Distintas condiciones, tales como discontinuidades o diferencias en conductividad eléctrica pueden ser las causantes de la distorsión o modificación del campo magnético inducido.

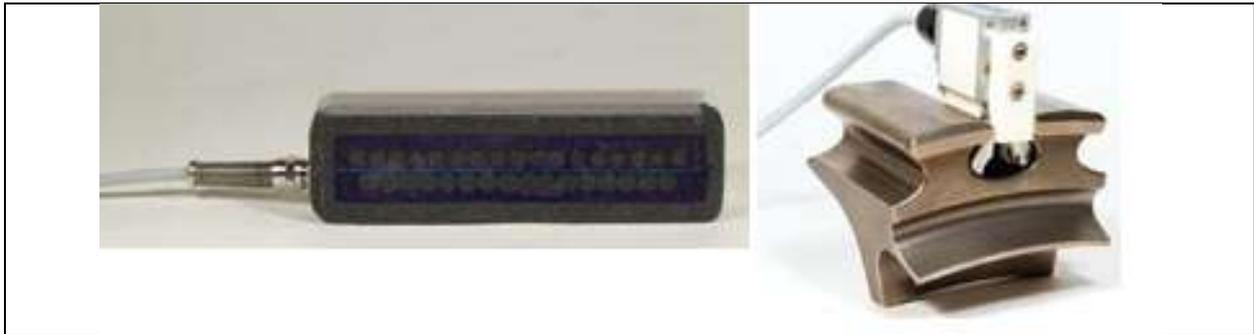


Fig.52. Aquí vemos dos tipos de palpadores para analizar las piezas metálicas. A la izquierda aparece uno para superficies rectas y a la derecha aparece uno diseñado para lugares estrechos.

La técnica más utilizada en el método electromagnético es la de Corrientes de Eddy. Esta técnica puede ser empleada para identificar una amplia variedad de condiciones físicas, estructurales y metalúrgicas en materiales metálicos ferromagnéticos y en materiales no metálicos que sean eléctricamente conductores. De esta forma, la técnica se emplea principalmente en la detección de discontinuidades superficiales. Sus principales aplicaciones se encuentran en la medición o determinación de propiedades tales como la conductividad eléctrica, la permeabilidad magnética, el tamaño de grano, dureza, dimensiones físicas, etc., también sirve para detectar, traslapes, grietas, porosidades e inclusiones.

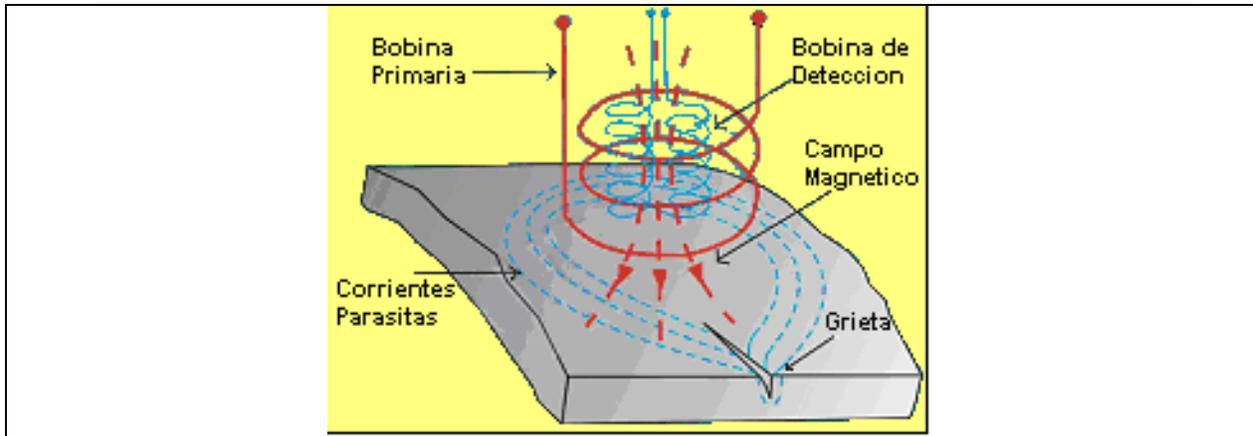


Fig.53. Se muestra el modo en que se utilizan las corrientes parasitas para realizar una prueba a una pieza metálica.

La prueba por corrientes parásitas puede emplearse para detectar defectos superficiales y sub-superficiales, espesor de placas o tubos, y espesor de capas.

Este tipo de pruebas ofrecen la ventaja de que los resultados de prueba se obtienen casi en forma instantánea, además dado que lo único que se requiere es inducir un campo magnético, no hay necesidad de tener contacto directo con el material de prueba, con esto se minimiza la posibilidad de causar algún daño al material de prueba. Sin embargo, la técnica está limitada a la detección de discontinuidades superficiales y a materiales conductores.

5.4. Procedimiento

Se conecta la bobina al instrumento, verificando que se coloquen correctamente los cables.

Se enciende el instrumento permitiendo que se alcance su temperatura de funcionamiento de acuerdo a lo estipulado por el fabricante.

Hacer los ajustes necesarios en los controles de acuerdo con la recomendación del fabricante, ajustando la frecuencia, la magnitud del campo magnético, la sensibilidad, y cualquier otro parámetro que se requiera para un análisis electromagnético.

Poner las piezas a analizar en contacto con la bobina de prueba.

Leer los datos recolectados de la prueba.

Separar las piezas analizadas de la bobina.

Verificar la calibración del instrumento al final de cada serie de pruebas, donde si el patrón estándar a cambiado desde la última verificación será necesaria una recalibración acorde a los materiales con que se realizan las pruebas.



5.5. Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos a través de cualquier prueba no destructiva esta basada en la comparación de un elemento desconocido con uno estandarizado, a menos que todas las interrelaciones significativas del material o propiedades del producto sean entendidas y medidas para ambos elementos el estándar y el desconocido los resultados de la prueba no tendrán ningún valor.

La técnica electromagnética es la mejor utilizada para pruebas repetitivas en materiales idénticos en forma, composición y estructura metalográfica y no para pruebas con materiales de diferente grosor.

La prueba electromagnética por corrientes parasitas generalmente no resulta de utilidad si existen limitantes en cuanto al conocimiento de las propiedades del material analizado.

La interpretación de los resultados depende tanto del grado de similitud que tiene el material que se esta analizando con el patrón estándar de referencia.

Los resultados pueden a menudo ser interpretados o explicados por un cambio en el procedimiento tal como la temperatura, composición y defectos, cuando las propiedades medidas son conocidas se tiene que realizar la prueba acorde a estas.

Cuando el grosor de los elementos analizados sea diferente tanto en forma, aleación, permeabilidad o conductividad para ser medidos solo se podrá hacer una interpretación general de estos, esto es porque se encontrara que los materiales son diferentes pero no se podrá determinar el como ni el porque de esta diferencia.

Cuando se tienen los valores de las variables la prueba por corrientes parasitas puede ser 100% efectiva; como sea habrá casos en los cuales una única prueba no mostrara una separación, donde a menudo una segunda prueba o procedimiento puede ser usado para definir la separación entre materiales. Por ejemplo un cambio en la frecuencia de la prueba puede mostrar el efecto de una segunda variable.

La forma y las variaciones en la superficie pueden hacer que la prueba de valores equivocados. Se requiere una dureza necesaria en el material para la realización básica de la prueba, todos los materiales deben tener una composición y una rugosidad bajo debido control para que las variaciones en la dureza puedan ser detectadas.



5.6. Costos de los equipos.

Cant.	Modelo	Accesorios modelo	Descripción Equipos Corrientes Parásitas	Precio FOB MIAMI US(\$)
2	NORTEC 500D		1 Equipo que realiza inspecciones de base por corrientes parásitas (Foucault) con frecuencia simple e incluye salidas externas, siendo capaz de medir la conductividad digital y el espesor del recubrimiento, soporta escáneres de rotación, además de una frecuencia doble.	9465.5
			TOTAL	9465.50

Equipo marca OLYMPUS * para mayores detalles ver anexo E

5.7. Conclusiones

- Esta prueba como se detalla en el capítulo es de gran importancia para el análisis de piezas que son fabricadas en serie ya que al medir esta la variación en patrones determinados en los materiales fácilmente encontrara algún defecto en cualquiera de estos.
- El análisis de piezas con este tipo de equipos requiere la comprensión de las características de los materiales.



Capítulo 6

Partículas Magnéticas.



6.1. Descripción de Inspección por partículas magnéticas (Magnaflux)

Éste es un método para detectar la presencia de fisuras, recubrimientos, rasgones, inclusiones y discontinuidades semejantes en materiales ferromagnéticos como el hierro y el acero. El método detectará discontinuidades de la superficie demasiado finas para apreciarse a simple vista y también detectará discontinuidades ligeramente por debajo de la superficie. No es aplicable a materiales no magnéticos.

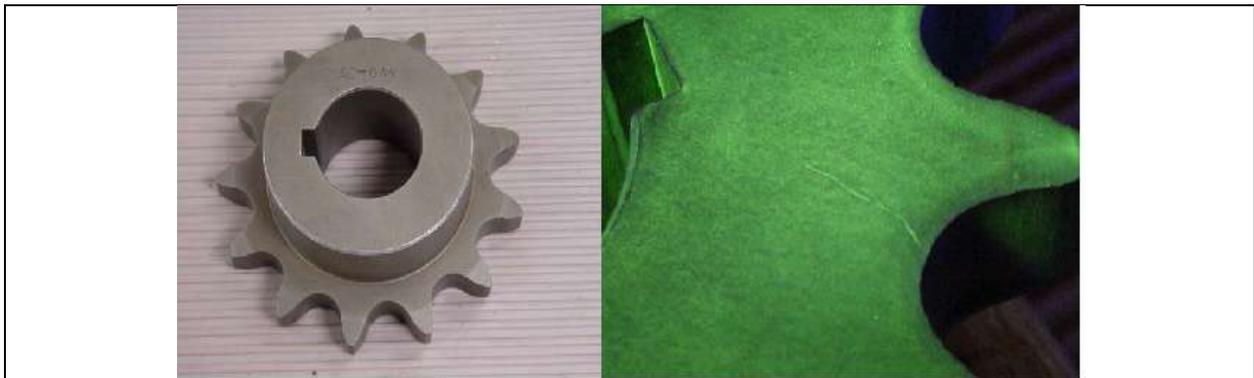


Fig. 54. A la izquierda vemos una pieza a la que se le realizara un análisis por el método de partículas magnéticas para verificar si tiene algún defecto. A la derecha se ve la misma pieza durante la prueba en la que se encuentra la formación de una grieta.

La inspección por partículas magnéticas puede realizarse en diversas formas. La pieza que se va a inspeccionar puede magnetizarse y luego cubrirse con finas partículas magnéticas (polvo de hierro); esto se conoce como **método residual**. O bien, la magnetización y aplicación de las partículas puede hacerse simultáneamente, lo cual se conoce como **método continuo**. Las partículas magnéticas pueden mantenerse en suspensión en un líquido que se vierte sobre la pieza, o la pieza puede sumergirse en la suspensión (**método húmedo**). En algunas aplicaciones, las partículas, en forma de fino polvo, se esparcen sobre la superficie de la pieza de trabajo (**método seco**). La presencia de una discontinuidad se revela por la formación y adherencia de un arreglo característico de las partículas sobre la discontinuidad en la superficie de la pieza de trabajo. Este arreglo recibe el nombre de **indicación** y adquiere la forma aproximada de la proyección superficial de la discontinuidad. El **método Magnaglo**, es una variante de la prueba Magnaflux. La suspensión vertida sobre la pieza de trabajo magnetizada contiene partículas



magnéticas fluorescentes. Entonces, la pieza de trabajo se observa bajo luz negra, con lo cual las indicaciones destacan más claramente.

Cuando la discontinuidad está abierta a la superficie, el campo magnético se fuga hacia la superficie y forma pequeños polos norte y sur que atraen a las partículas magnéticas. Cuando pequeñas discontinuidades están bajo la superficie, alguna parte del campo aún podría desviarse a la superficie, pero la fuga es menor y se atraen menos partículas, con lo que la indicación obtenida es mucho más débil. Si la discontinuidad está muy lejos por debajo de la superficie, no habrá ninguna fuga del campo magnético y, en consecuencia, no se obtendrá indicación alguna. Es necesario emplear apropiadamente métodos de magnetización, para asegurar que el campo magnético formado esté perpendicular a la discontinuidad y lograr la indicación más clara.

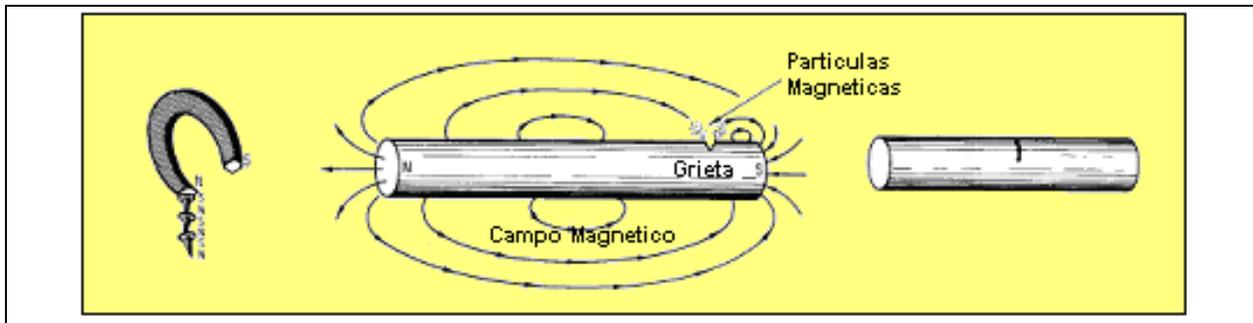


Fig. 55. En la figura se aprecia el modo en teoría como funciona la prueba por partículas magnéticas la izquierda se ve como una serie de tachuelas en contacto con un imán trasladan el magnetismo, en el centro se ve como actúan las partículas magnéticas de la misma manera que las tachuelas. En la figura de la derecha se ve como las partículas magnéticas en conjunto con el magnetismo hacen que sea visible el defecto en la pieza.

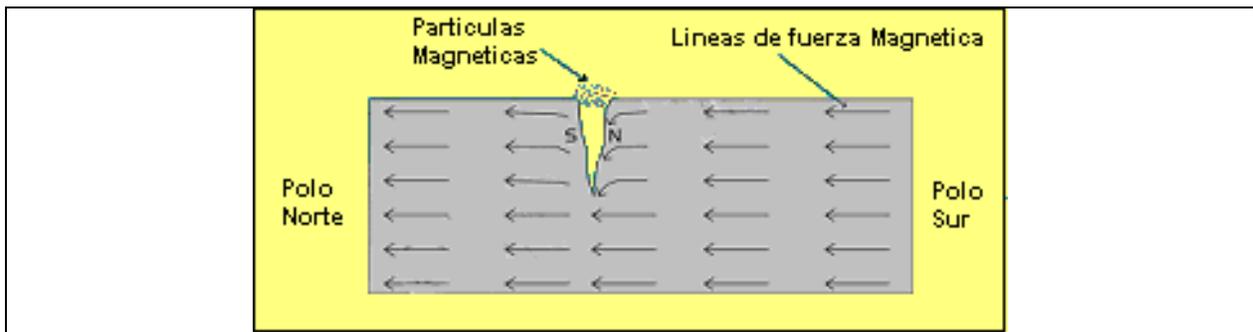
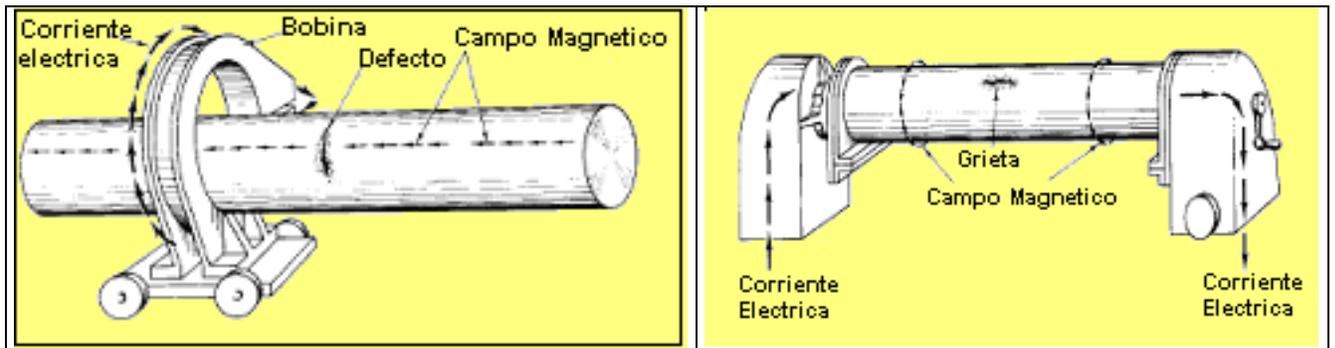


Fig.56. Se observa el detalle de cómo las partículas magnéticas hacen que pueda ser visible una grieta superficial en la superficie de la pieza ferromagnética analizada.



Para obtener una magnetización longitudinal, el campo magnético puede producirse en una dirección paralela a lo largo del eje mayor de la pieza de trabajo colocando la pieza en una bobina excitada por una corriente eléctrica, de modo que el eje más largo de la pieza esté paralelo al eje de la bobina. Entonces la parte metálica se convierte en el núcleo de un electroimán y se magnetiza por inducción del campo magnético creado por la bobina. Cuando se tienen partes muy largas, se magnetizan parcialmente, moviendo la bobina a lo largo de la longitud de la pieza; conocido este método como de magnetización circular, fácilmente se produce un campo magnético transversal al eje mayor de la pieza de trabajo, pasando corriente de magnetización a través de la pieza y recorriendo todo lo largo de su eje.



*Fig.57. A la izquierda se aprecia el método de magnetización circular.
A la derecha se ve el método de magnetización longitudinal.*

La corriente directa, la corriente alterna y la corriente alterna rectificadas se emplean con fines de magnetización. La corriente directa es más sensible que la alterna para detectar discontinuidades no abiertas a la superficie. La corriente alterna detectará discontinuidades abiertas a la superficie y se emplea cuando la detección de este tipo de discontinuidad es el único fin de la prueba. Cuando la corriente alterna está rectificadas, proporciona un campo magnético más penetrante. La sensibilidad del método de inspección por partículas magnéticas se ve afectada por muchos factores, incluyendo la concentración de la suspensión indicadora, el tiempo de contacto de la suspensión con la pieza, el tiempo permitido para que se formen las indicaciones, el tiempo que se mantiene activa la corriente de magnetización, y la intensidad de la corriente de magnetización.



Todas las partes de máquinas que han sido magnetizadas para su inspección deben someterse a un proceso de desmagnetización. Si estas partes se ponen en servicio sin desmagnetizarlas, atraerán limaduras, polvos metálicos, rebabas y otras partículas de acero que pueden rayar, y por tanto dañar, los cojinetes y otras piezas de la maquinaria.

Este método está limitado a la detección de discontinuidades superficiales y en algunas ocasiones sub-superficiales. Así mismo, su aplicación también se encuentra limitada por su carácter magnético, es decir, solo puede ser aplicada en materiales ferromagnéticos. Aún así, este método es ampliamente utilizado en el ámbito industrial y algunas de sus principales aplicaciones las encontramos en:

- El control de calidad o inspección de componentes maquinados.
- La detección de discontinuidades en la producción de soldaduras.
- En los programas de inspección y mantenimiento de componentes críticos en plantas químicas y petroquímicas (Recipientes a presión, tuberías, tanques de almacenamiento, etc.)
- La detección de discontinuidades de componentes sujetos a cargas cíclicas (Discontinuidades por Fatiga).

Así mismo, existen dos principales tipos de partículas magnéticas: aquellas que son visibles con luz blanca natural o artificial y aquellas cuya observación debe ser bajo luz negra o ultravioleta, conocidas comúnmente como partículas magnéticas fluorescentes.

Cada medio de aplicación (húmedo o seco) y cada tipo de partículas magnéticas (visibles o fluorescentes) tiene sus ventajas y desventajas. El medio y el tipo de partícula a utilizar lo determinan distintos factores entre ellos podemos enunciar: el tamaño de las piezas a inspeccionar, el área a inspeccionar, el medio ambiente bajo el cual se realizará la prueba, el tipo de discontinuidades a detectar y el costo. El personal que realiza este tipo de pruebas, generalmente realiza un análisis de los factores anteriores para determinar cual es el medio y tipo óptimo de partícula magnética a utilizar para cierta aplicación específica. Otro factor importante a considerar, es la forma o mecanismo mediante el cual se magnetizarán las piezas o el área a inspeccionar, lo cual puede conseguirse de distintas formas, ya sea mediante el uso de un yugo electromagnético, puntas de contacto, imanes permanentes, etc.



6.2. Alcance de la prueba

Es importante destacar que con este método sólo pueden detectarse las discontinuidades perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético. De acuerdo al tipo de magnetización, los campos inducidos son longitudinales o circulares. Además, la magnetización se genera o se induce, dependiendo de si la corriente atraviesa la pieza inspeccionada, o si ésta es colocada dentro del campo generado por un conductor adyacente.

6.3. Preliminares antes de realizar la prueba

Se determinara antes de iniciar la prueba que tipo de implementos serán necesarios tales como:

Tipo de partículas. - Por término general, se prefieren las partículas secas cuando se requiere detectar discontinuidades relativamente grandes. Las partículas en suspensión se emplean preferentemente para detectar discontinuidades muy pequeñas y cerradas.

Color de las partículas.- Dependerá de contraste de fondo. De este modo se emplearán partículas de color oscuro (negras o azules) para piezas recién maquinadas y partículas de colores claros (grises o blancas) para piezas con superficies oscuras.

Las partículas de color rojo están en un punto intermedio y fueron desarrolladas para que su observación se facilite empleando una tinta de contraste blanco; esta tinta tiene un color y consistencia parecidos al del revelador no acuoso de los líquidos penetrantes, pero con mayor poder de adherencia.

Cuando se desea una mayor sensibilidad en un método, es necesario emplear las partículas fluorescentes.

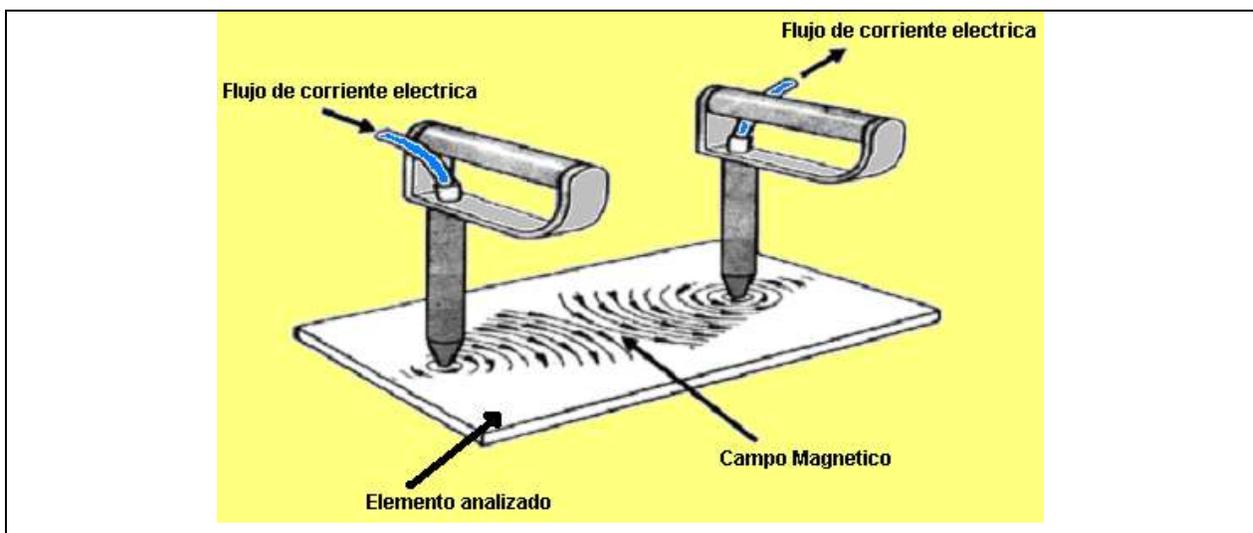


Fig. 58¹⁰. Aquí se observa como funciona el método por partículas secas con un yugo magnético.



Las partículas se aplican conforme se realiza la inspección, para lo que existen dos prácticas comunes que son: Si se emplean partículas secas, primero se hace pasar la corriente de magnetización y al mismo tiempo se rocían las partículas. Si se emplean partículas en suspensión, primero se aplica la solución sobre la superficie a inspeccionar e inmediatamente se aplica la corriente de magnetización.

Generalmente se recomienda que la corriente de magnetización se mantenga durante el tiempo de aplicación de las partículas, ya que es cuando el campo magnético es más intenso y permite que las partículas sean atraídas hacia cualquier distorsión o fuga de campo, para así indicar la presencia de una posible discontinuidad.

6.4. Ventajas y Desventajas

Ventajas:

- Se puede inspeccionar las piezas en serie obteniéndose durante el proceso, resultados seguros e inmediatos.
- La inspección es más rápida que los líquidos penetrantes y más económica.
- Equipo relativamente simple, provisto de controles para ajustar la corriente, y un amperímetro visible.
- Portabilidad y adaptabilidad a muestras pequeñas o grandes.
- Requiere menor limpieza que Líquidos Penetrantes.
- Detecta tanto discontinuidades superficiales y subsuperficiales.
- Las indicaciones son producidas directamente en la superficie de la pieza, indicando la longitud, localización, tamaño y forma de las discontinuidades.
- El equipo no requiere de un mantenimiento extensivo.
- Mejor examinación de las discontinuidades que se encuentran llenas de carbón, escorias u otros contaminantes y que no pueden ser detectadas con una inspección por Líquidos Penetrantes.

Desventajas:

- Es aplicable solamente a materiales ferromagnéticos; en soldadura, el metal depositado debe ser también ferromagnético.
- Requiere de una fuente de poder.



- Utiliza partículas de hierro de aproximadamente 0.00008 in.
- No detectará discontinuidades que se encuentren en profundidades mayores de 1/4”.
- La detección de una discontinuidad dependerá de muchas variables, tales como la permeabilidad del material, tipo, localización y orientación de la discontinuidad, cantidad y tipo de corriente magnetizante empleada, tipo de partículas, etc.
- La aplicación del método en el campo es de mayor costo.
- La rugosidad superficial puede distorsionar las líneas de flujo.
- Se requieren dos o más inspecciones secuenciales con diferentes magnetizaciones.
- Generalmente después de la inspección se requiere de una desmagnetización.

6.7. Costos de los equipos

# Corr.	Cantidad y Modelo	Contenido	Descripción	Total Precio FOB MIAMI US(\$)
1	1 Y-6	Juego	Incluye 1 maleta, 1 yugo Y-6 de 220VAC, 1 lb. de polvo rojo 8-A, 1 lb. de polvo gris, 1 paño limpiador, 1 plumon marcador de metales, 3 toallas limpiadoras de manos, 1 manual de instrucciones, 1 pera para aplicar polvo	747.00

Equipo son marca MAGNAFLUX *para mayores detalles ver anexo F

# Corr.	Cantidad y Modelo	Accesorios modelo	Descripción	Total Precio FOB MIAMI US(\$)
2	TIEDE BWM- 110/12		KIT de Yugo magnético de corriente alterna marca TIEDE modelo BWM 110/12 , para AC y DC, el cual incluye: Transformador para 12V, Polos articulados, 1 Lámpara de luz negra enfocada con transformador, 1 Maletín de transporte para integrar yugo y lámpara, 1 Pieza con defectos, Lata de 1 litro de FLUOFLUX para diluir en agua hasta 50 litros de solución de partículas magnéticas vía húmeda. Color Verde-amarillo, con aditivos, 1 Spray manual	3900.0
3		FSM-2	Medidor de campo magnético	2500.0
Equipos son marca TIEDE *para mayores detalles ver anexo F				TOTAL 7147.0



6.8. Conclusiones

- Como se ha explicado esta prueba se puede realizar con relativa simpleza ya que donde requiere una mayor tanto experiencia como análisis visual es para visualizar si existe algún defecto en el elemento analizado.
- La realización de esta prueba resulta relativamente económica ya que para su ejecución el único elemento que puede ser requerido aparte del equipo magnético en si son partículas magnéticas con limaduras de hierro las cuales son fáciles de adquirir.



Capítulo 7

Propuestas de guías para la implementación de los ensayos a llevar a cabo dentro del laboratorio.



7.1. Propuesta de pruebas a realizar dentro del laboratorio

Líquidos Penetrantes

- Realizar una prueba en un piñón acorde con los parámetros establecidos en el capítulo respectivo.
- Realizar una prueba en la soldadura que une dos piezas para verificar si existe algún defecto en esta.

Termografía

- Realizar una prueba sobre el estado de diversos contactos de la red eléctrica del ya sea del edificio K o de algún otro que tengan disponible.
- Realizar una prueba sobre un motor eléctrico en funcionamiento el cual puede ser el que acciona el compresor en la escuela de ingeniería mecánica para analizar su temperatura de funcionamiento así como la temperatura de sus rodamientos para compararlos con los parámetros del fabricante para saber si existe alguna falla.

Ultrasonido

- Realizar una prueba sobre una placa metálica a la que se le hayan hecho cortes u orificios a diversas distancias y profundidades para analizar el comportamiento de la señal ante diversas condiciones.
- Realizar una prueba en la soldadura que une dos placas planas para detectar mediante el uso de zapatas con una señal en ángulo el estado de la soldadura.

Vibraciones

- Se realizara una prueba con un motor eléctrico en funcionamiento el cual puede ser el que acciona el compresor en la escuela de ingeniería mecánica para saber si existe algún tipo de falla en el funcionamiento, y para llevar un record de funcionamiento de este.
- Se realizara una prueba en los motores del banco de bombas para analizar su comportamiento.

Corrientes Parásitas

- Realizar una prueba sobre una placa metálica a la que se le hayan hecho cortes u orificios a diversas distancias y profundidades para analizar el comportamiento de la señal ante diversas condiciones.
- Realizar una prueba en la soldadura que une dos piezas para verificar si existe algún defecto en esta.



Partículas Magnéticas

- Realizar una prueba en un piñón para verificar si existe alguna griete o defecto en este debido a su uso.
- Realizar una prueba en el cigüeñal de un motor para verificar si tiene algún defecto.

7.2. Procedimiento para ensayo de líquidos penetrantes

Componentes a ensayar: soldaduras y estructuras metálicas.

Códigos o especificaciones requeridas: no se especifica.

Información General:

Identificación de los componentes: Cada pieza se identificará con un número y cada cara con una letra (A, B, C, ó D)

Extensión de ensayo : 100%

Procedimiento de Calificación y Certificación de personal.

Definición de términos:

Líquido Penetrante: Aquel que se introduce y es retenido fácilmente en discontinuidades superficiales

Líquido Penetrante fluorescente: El que presenta fluorescencia durante la irradiación con radiación de Wood.

Fluorescencia: Emisión de radiación electromagnética por una especie química, excitada por radiación. En particular, en los ensayos con líquidos penetrantes, la radiación visible emitida al irradiar con radiación de Wood.

Radiación de Wood: (luz Ultravioleta) Radiación electromagnética del espectro ultravioleta, comprendido aproximadamente entre 320 nm y 400 nm, que presenta un pico en 365 nm .

Removedor : Producto que permite la remoción del exceso de líquido penetrante antes de aplicar el revelador.

Revelador: Material en forma de polvo fino, en suspensión en un líquido, que tiene la propiedad de absorber el líquido penetrante del interior de las discontinuidades, extrayéndolo a la superficie, donde se hace visible mediante radiación de Wood.

Revelador en suspensión en un líquido no acuoso: El que se encuentra en suspensión en un disolvente líquido que no sea agua.



Equipamiento:

Solventes (a granel).

Paños limpios.

Equipo de limpieza ultrasónica

Líquidos penetrantes fluorescentes (aerosol)

Solventes específicos para remoción intermedia (aerosol).

Revelador no acuoso (aerosol).

Lámpara de Wood (luz UV).

Cuarto oscuro.

Procesos:

Preparación : las piezas deberán ser limpiadas mediante paños embebidos con solvente y luego , mediante inmersión también en solvente, se realizará la limpieza ultrasónica..

Secado: se secarán cada pieza con secador manual hasta asegurar la evaporación total del solvente.

Aplicación del líquido penetrante cubriendo perfectamente la zona de interés (soldadura).

Tiempo de penetración: 20 minutos.

Remoción: limpiar el exceso de líquido penetrante con paños levemente humedecidos en el solvente

específico para la remoción y controlar la limpieza bajo radiación de Wood. (luz UV).

Aplicación del revelador: formando una tenue capa de revelador evitando salpicaduras.

Examen y evaluación: Se comenzará a examinar la pieza , bajo radiación de Wood, inmediatamente después de la aplicación del revelador, y durante las cuatro (4 hrs.) horas siguientes, registrando las indicaciones observables.

Limpieza final: cepillar la pieza con cepillo de cerda , y efectuar una nueva limpieza con el solvente de la limpieza inicial.

Informes:**Deberán contener:**

Datos del cliente

Especificaciones de la pieza.

Tipo y técnica de ensayo según Norma

Tipo de limpieza inicial.



Tipo de Líquido Penetrante.

Limpieza intermedia.

Tipo de revelador.

Limpieza final.

Observación y Evaluación.

Copias y distribución:

Se realizarán dos (2) copias originales que se entregarán: una al cliente y una al archivo del Laboratorio de Ensayos no destructivos. Los informes se mantendrán por un período de tres (3) años.

Registro de indicaciones para clientes.

Informes escritos

Los informes escritos deben incluir los datos siguientes:

- a) Nombre del cliente u orden de trabajo.
- b) Normas de referencia y/o número o código de la especificación del ensayo.
- c) Identificación de la pieza ; planos de referencia ; tipo de material; condiciones de recepción y de la superficie a ensayar.
- d) Productos a utilizar ; marcas e del fabricante.
- e) Temperatura en el momento del ensayo.
- f) Preparación de la pieza, procedimiento de limpieza preliminar y secado.
- g) Procedimiento de aplicación del penetrante, tiempo de aplicación.
- h) Procedimiento de remoción . Tiempo de emulsificación y secado (si corresponde).
- i) Procedimiento de revelado
- j) Condiciones y tiempo de espera.
- k) Registro de las indicaciones (fotos, esquemas, etc)
- l) Conclusiones y evaluación de los resultados del ensayo.

Los informes deben estar firmados por el operador, el responsable del ensayo y eventualmente puede firmarlo el inspector del cliente.



7.3. Formatos de ensayo.

REGISTRO DE EXAMEN POR LIQUIDOS PENETRANTES

INFORME N°(): / SOLICITUD N°():	
FECHA:	
SOLICITANTE:	
DIRECCIÓN:	
ENCARGADO /PRUEBA:	
PROCEDIMIENTO/ENSAYO:	
SUPERVISOR /PRUEBA:	

ESPECIFICACIONES DE LA PIEZA

DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE:		IDENTIFICACIÓN:	
MATERIAL:			
PLANO DE REFERENCIA:			
CONDICIONES DE LA SUPERFICIE:			
ZONA DE ENSAYO:			

TIPO Y TÉCNICA DE ENSAYO

LIMPIEZA INICIAL			
TIPO:		MARCA:	
MODO DE APLICACIÓN:		TIEMPO DE SECADO:	

LIQUIDO PENETRANTE			
LAVABLE CON AGUA:			
PROCESO POST-EMULSIFICABLE:			
LAVABLE CON SOLVENTE:			
COLOREADO			
FLUORESCENTE:			
MODO DE APLICACION:		TIEMPO:	
		MARCA:	

LIMPIEZA INTERMEDIA			
PROCEDIMIENTO		MARCA:	

REVELADOR	
TIPO SECO:	
TIPO ACUOSO:	
TIPO HUMEDO NO ACUOSO:	
MODO DE APLICACIÓN:	
MARCA:	
TIEMPO DE OBSERVACIÓN:	



ESQUEMA DE LA ZONA A ENSAYAR:

--



7.4. Reporte para corrientes parásitas

El reporte escrito debe contener toda la información acerca de los valores con los que se realiza la prueba en caso de sea necesario repetir la prueba en la misma u en otra locacion, además de que posea la siguiente información:

- Descripción del equipo: tipo de equipo, numero de modelo, numero de serie.
- Dispositivo de salida: : tipo de equipo, numero de modelo, numero de serie.
- Bobina: Tamaño, tipo.
- Otros equipos conectados.
- Referencias estándar.
- Frecuencia de la prueba.
- Descripción del material: Geometría, Química, Comportamiento térmico, rango de conductividad.
- Método de calibración.
- Fuerza del campo magnético.
- Velocidad de escaneo.
- Temperatura de el patron.
- Temperatura de la muestra de prueba.
- Muestra patron desmagnetizada



7.5. REGISTRO DE EXAMEN POR PARTICULAS MAGNETICAS

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:	
TIPO DE EQUIPO	
NUMERO DE MODELO	
NUMERO DE SERIE	
DISPOSITIVO DE SALIDA:	
TIPO DE EQUIPO	
NUMERO DE MODELO	
NUMERO DE SERIE	
BOBINA:	
TAMAÑO	
TIPO	
OTROS EQUIPOS CONECTADOS	
REFERENCIAS ESTÁNDAR	
FRECUENCIA DE LA PRUEBA	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	
MATERIAL	
GEOMETRÍA	
QUÍMICA	
COMPORTAMIENTO TÉRMICO	
RANGO DE CONDUCTIVIDAD	
FUERZA DEL CAMPO MAGNETICO	
VELOCIDAD DE ESCANEEO	
TEMPERATURA DE EL PATRON DE PRUEBA	
TEMPERATURA DE LA MUESTRA DE PRUEBA	
MUESTRA PATRON DESMAGNETIZADA	
METODO DE PRUEBA	



CAPITULO 8

Perfil para proyecto de
la Universidad de El Salvador



8.1. Aspectos Generales del Proyecto

8.1.1. Nombre del Proyecto.

“Propuesta de un laboratorio de ensayos no destructivos para la Escuela de Ingeniería Mecánica”.

8.1.2. Entidad Ejecutora del Proyecto.

Autoridades de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

8.1.3. Entidad Operadora del Servicio.

Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

8.2. Identificación del Problema que se desea Solucionar o Potencialidad que se Pretende Desarrollar con el Proyecto

8.2.1 Diagnóstico de la Situación Actual.

Las presiones sobre los procesos de fabricación derivadas de la seguridad, las consideraciones de sostenibilidad y la adopción de las herramientas de la calidad han obligado a la búsqueda de instrumentos de análisis aplicables tanto a los productos como a los medios de producción que permitan garantizar la conservación del servicio que estos prestan dentro de los límites de tolerancia permisibles.

Los ensayos no destructivos constituyen una de estas alternativas debido a la cual son cada vez más exigidas en el campo de trabajo, cada vez más el ingeniero mecánico en el campo se ve obligado no solo a prescribir su uso sino también a aplicarlo por sí mismo, debiendo además interpretar reportes de ensayos realizados por otras personas y vincularlos al trabajo diario de mantenimiento; razones por las cuales es imprescindible que durante su proceso de formación el ingeniero mecánico se familiarice con todos los aspectos posibles de esta técnica.

8.2.1.1. Aspectos Generales: Ubicación Geográfica, Vías de Acceso.

Se encontrará ubicado al interior del edificio K de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura asignado a la escuela de Ingeniería Mecánica en el segundo nivel de dicho edificio en el aula K-22 ubicada a la par de la dirección de la escuela. El edificio posee 3 vías de acceso: 1 al costado norte de este edificio se



encuentra la entrada publica, 2 al costado oeste de estas 1 da acceso a los cubículos de los docentes de la escuela de ingeniería mecánica en el segundo nivel y 1 da acceso a la unidad productiva.

8.2.1.2. Demanda y Oferta de los Servicios.

Las diversas pruebas que se realizaran dentro de este laboratorio se harán inicialmente con la finalidad de que los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica se familiaricen con estas pruebas, puedan observar los beneficios de cada una de estas, que sean capaces de utilizar los equipos para hacer las pruebas. En colaboración con otras escuelas será posible ampliar el área de cobertura de estudiantes hacia las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Los equipos seleccionados para ser adquiridos como parte de la formación del laboratorio de ensayos no destructivos cumplen con los requerimientos internacionales para que sean utilizados en dichas pruebas lo que indica que estableciendo una tarifa de cobros, designando un encargado de realizar las pruebas, un responsable del laboratorio y un formato que cumpla con los parámetros en los que han sido realizadas las pruebas; cumpliendo con estos parámetros el laboratorio podrá brindar sus servicios al sector privado.

8.2.1.3. Análisis de la Situación Actual.

Actualmente los conocimientos requeridos sobre las pruebas que se realizaran en el laboratorio de ensayos no destructivos se le dan al estudiantado a nivel teórico ya que no existe a nivel de toda la Universidad de El Salvador ningún laboratorio enfocado en dichas pruebas.

8.2.1.3.1. Planteamiento del Problema.

Se identificara el tipo de equipo que mejor cumpla con las necesidades requeridas para la formación de los estudiantes, así como también se establecerá un modelo de operación congruente con las circunstancias en la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador que además proporcione la cobertura suficiente para permitir acercamientos a la empresa privada a través de servicios y la experiencia didáctica para la formación del Ingeniero Mecánico.



8.3. Alternativa de Inversión Planteada Como Proyecto

8.3.1. Objetivos.

Objetivo General

Formular los lineamientos para la creación de un laboratorio que posea el equipamiento mínimo requerido para la investigación y análisis apropiado de componentes de sistemas industriales principalmente mecánicos en apoyo al mantenimiento predictivo.

Objetivos Específicos

- Determinar el equipamiento mínimo necesario para la aplicación de ensayos de líquidos penetrantes.
- Determinar el equipamiento mínimo necesario para la aplicación de ensayos de termografía.
- Determinar el equipamiento mínimo necesario para la aplicación de ensayos de corrientes parásitas.
- Determinar el equipamiento mínimo necesario para la aplicación de ensayos de vibraciones.
- Determinar el equipamiento mínimo necesario para la aplicación de ensayos de ultrasonido.
- Determinar el equipamiento mínimo necesario para la aplicación de ensayos de partículas magnéticas.
- Dar a conocer las normas utilizadas para la implementación de estas pruebas.
- Definir el espacio requerido para la distribución en planta así como requerimientos eléctricos, iluminación, recursos apropiados para poder desarrollar cada una de las pruebas.
- Diseño de propuestas de guías que contengan una documentación adecuada para la implementación de los ensayos a llevar a cabo dentro del laboratorio.



8.3.2. Descripción del Proyecto.

El proyecto consiste en formular una propuesta de implementación de un laboratorio para la ejecución de ensayos no destructivos que contenga tanto los aspectos físicos de equipamiento como lógicos de gestión y operación.

8.3.3. Justificación del Proyecto.

La creación de un laboratorio de ensayos no destructivos ampliara la experiencia practica que poseen los ingenieros mecánicos dada la importancia de estos ensayos en el área de mantenimiento predictivo.

Muchas empresas que existen en el entorno nacional requieren el uso de este tipo de técnicas en el área de mantenimiento predictivo pero interpretan de formas distintas los resultados de los ensayos ya que no se tiene un lenguaje común y sobre este punto al hacer una asesoria formal a las empresas que lo necesiten el laboratorio será capaz de manejar e interpretar los resultados.

Ampliar los conocimientos que adquieren los estudiantes al brindarles el entrenamiento y la practica a utilizar con los instrumentos, así como las normas y los procedimientos para la recolección de datos y su posterior análisis en las diferentes técnicas que pueden ser utilizadas en el campo de mantenimiento predictivo.

8.3.4. Localización del Proyecto.

Ubicación del laboratorio:

Dentro del edificio de la escuela de Ingeniería Mecánica se ha hecho una verificación de cuales pueden ser las áreas dedicadas para albergar el laboratorio de ensayos no destructivos y que no hayan sido asignadas anteriormente a otros objetivos poseyendo equipos especializados para dicho fin.

A continuación se mostraran las áreas con mas probabilidad para cumplir los requisitos como laboratorio de ensayos no destructivos:



El aula K-10



Fig. . 59. A la izquierda se observa la puerta de acceso al aula la cual por ser metálica da seguridad que al equipo que pueda albergar. A la derecha se aprecia la localización del aula la cual es al lado izquierdo de las escaleras en el 1° nivel.

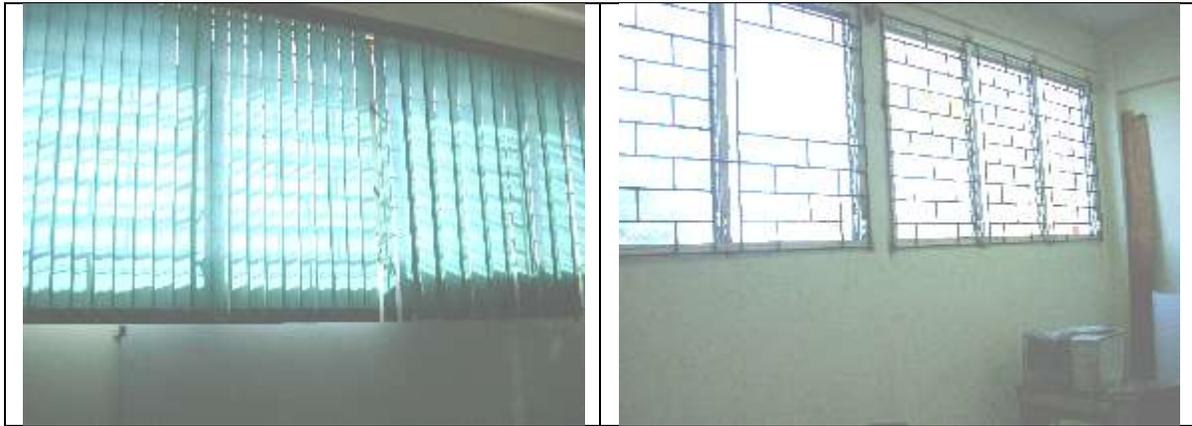


Fig.60. A la izquierda se ve que puede controlarse la cantidad de luz al interior del aula gracias a sus cortinas y a la derecha se observa la existencia de barrotes para proteger el aula.



Fig. 61. En ambas imágenes se observan detalles sobre el espacio interior que posee esta aula.



Fig. 62. En estas imágenes se observa parte de las instalaciones eléctricas que posee esta aula.



Fig. 63. Aquí hay otras imágenes donde se observa parte de las instalaciones eléctricas que posee esta aula, así como su sistema de iluminación.

Analizando las condiciones que posee esta aula para albergar el laboratorio de ensayos no destructivos son altas ya que cumple con los requisitos necesarios para su funcionamiento tanto en iluminación como en cuanto al suministro eléctrico, pero en su interior actualmente alberga el centro de computo para la escuela de ingeniería mecánica.



El aula K-22



Fig. 64. Aquí se observan tanto la puerta de acceso al aula k-22 mostrando que esta reforzado por barras de acero como el interior de esta.



Fig. 65. Aquí se observa la pared y la puerta que divide esta aula del aula k-21



Fig. 66. A la izquierda se ve parte de la instalación eléctrica al interior de esta aula y a la derecha las ventanas de esta aula las cuales no tiene barrotes debido a la gran altura a la que se encuentran estas con respecto al nivel externo.



Por las características mostradas, por la seguridad que presenta al encontrarse a la par de la dirección de la escuela así como la colocación de un gabinete que guarde en su interior los equipos, cumplir con los requerimientos de varios tomacorrientes para los diversos equipos a utilizar, excelente ventilación, buena iluminación, el aula k-22 es la que presenta las mejores características para albergar el laboratorio de ensayos no destructivos

El Aula K-11



Fig. 67. Se ve la puerta del aula k-11



Fig.68. Aquí se ve el interior de esta aula.



Fig. 69. Aquí se aprecia el sistema de iluminación de esta aula.

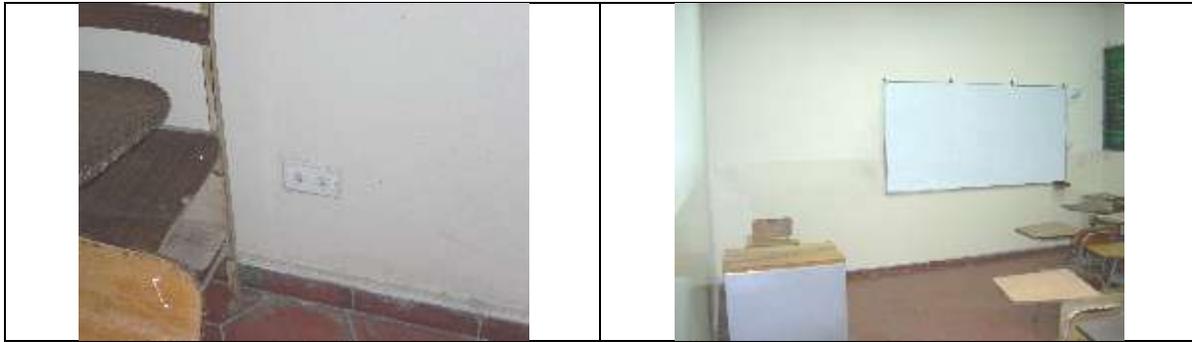


Fig. 70. Se ve parte del sistema eléctrico, así como el interior del aula.

Esta aula tiene un nivel de seguridad alto para guardar equipos en su interior, entre sus desventajas están que actualmente se encuentra siendo utilizado como aula para recibir clases.

8.3.5. Tamaño del Proyecto.

El tamaño del proyecto en si estará cubierto mediante la aplicación de los mismos costos de inversión, ya que la cobertura de esta permitirá el pleno funcionamiento del laboratorio.

AREA	TOTAL COSTOS
Líquidos Penetrantes	4989.00
Transporte + Seguro	965.00
Cámara Termografica	16797.0
Ultrasonido	23,887.8
Vibración	1008.98
Corrientes Parásitas	9465.50
Partículas Magnéticas	7147.00
Gabinete metálico	750.0
Sumatoria	65,010.28



8.3.5.1. Construcción.

La implementación del laboratorio no requiere de ningún gasto en construcción ya su ubicación física se encontrara al interior de un local ya existente y que pueden ser utilizados, donde la posibilidad de algún costo en construcción recaería en la escuela si optan por elaborar gabinetes metálicos donde se puedan guardar los equipos cuando no se encuentren siendo utilizados.

8.3.6. Costos Estimados de Pre-inversión.

Los costos de pre inversión han recaído enteramente en el encargado de la realización del presente trabajo de graduación.

8.3.7. Costos Estimados de Inversión.

Estos costos no incluyen la capacitación del personal a cargo de la realización de las pruebas.

AREA	TOTAL COSTOS
Líquidos Penetrantes	4989.00
Transporte + Seguro	965.00
Cámara Termografica	16797.0
Ultrasonido	23,887.8
Vibración	1008.98
Corrientes Parásitas	9465.50
Partículas Magnéticas	7147.00
Gabinete metálico	750.0
Sumatoria	65,010.28

8.3.8. Costos de Funcionamiento.

Costos en energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos de análisis, Dentro de los costos proyectados de inversión se ha calculado un periodo de 1 año en la cual no se requerirá ningún gasto adicional para su funcionamiento ya que se esta realizando una adquisición de insumos para un periodo de 1 año y respecto a la mano de obra los encargados de su



funcionamiento serán docentes de la escuela de Ingeniería Mecánica haciendo que no se tenga que realizar gastos en esta área para el funcionamiento del laboratorio.

8.3.9. Evaluación del Proyecto.

La implementación de este laboratorio cubrirá un amplio espectro de áreas en el campo de mantenimiento la cual resulta de gran importancia para los conocimientos de varias carreras que se imparten en la facultad.

8.3.10. Beneficiarios.

La totalidad de la población de estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica y los docentes de estos que serán capacitados en estas áreas.

8.3.11. Resultados Esperados.

Que los estudiantes y los docentes de las áreas a cubrir resulten con una sólida capacitación en las áreas a cubrir dentro del laboratorio de ensayos no destructivos dando como resultado una mejora en la calidad académica.

8.3.12. Organización para la Ejecución.

El funcionamiento del laboratorio de ensayos no destructivos tendrá como principal responsable al director de la escuela, el cual designara al docente encargado del funcionamiento donde este velara por la distribución en la realización de los laboratorios así como en la solicitud de insumos para el funcionamiento del laboratorio.

La realización de cualquier prueba de las que están estipuladas al interior del laboratorio, el docente que ha realizado la solicitud será el responsable por el correcto uso de los equipos y de la adecuada realización de la prueba.

8.3.13. Organización para la Operación.

El Docente encargado del funcionamiento realizara la distribución en la realización de los laboratorios, así como la solicitud de insumos para el funcionamiento del laboratorio ante el director de la escuela.

Cuando se requiera la realización de cualquier prueba de las que están estipuladas al interior del laboratorio, el docente que ha realizado la solicitud será el responsable por el correcto uso de los equipos y de la adecuada realización de la prueba.

ANEXOS

ANEXO A. INVENTARIO DE INSUMOS PARA PRUEBAS DE LÍQUIDOS PENETRANTES.

Proveedor:

GRAINGER® USA.

# Corr.	Modelo	Contenido	Descripción	Código Identificador Grainger	Precio FOB MIAMI US(\$)
1	SKL-SP1	Aerosol Penetrante (16 oz.)	1 Lata de Penetrante visible, tiene la apariencia de un liquido grasoso de color rojo oscuro.	3WU59	13.53
2	SKD-2	Aerosol Colorante Revelador (16 oz.)	1 Lata de Revelador para inspección por líquidos penetrantes, tiene un aspecto de liquido blanco, genera un olor a alcohol, altamente soluble en agua.	3WU60	12.36
3	SKC-S	Aerosol Limpiador (16 oz.)	1 Lata de Limpiador-removedor solvente para inspección penetrante, tiene un aspecto claro (liquido incoloro), no es soluble en agua.	3WU61	11.83
4	SK-816	Juego Spotcheck (8 latas)	1 Juego que Incluye 2 latas de aerosol penetrante (3WU59), 2 latas de aerosol colorante revelador (3WU60), 4 latas de Aerosol limpiador (3WU61) en un estuche portátil.	3WU62	117.60
5	SK-416	Juego Spotcheck (4 latas)	1 Juego que Incluye 1 lata de aerosol penetrante (3WU59), 1 lata de aerosol colorante revelador (3WU60), 2 latas de Aerosol limpiador (3WU61) en un estuche portátil, paños limpiadores, un lápiz penetrante colorante.	3WU63	66.20
6		Juego Zyglo (8 latas)	1 Juego que Incluye 1 lata de aerosol penetrante, 1 lata de aerosol revelador, 2 latas de Aerosol limpiador, una lámpara de luz ultra-violeta todo en un estuche portátil de plástico. El colorante fluorescente es muy sensible donde para visualizarlo se requiere una luz ultra-violeta	3WU64	730.00
7		Lápiz Colorante Rojo	1 Lápiz que Contiene penetrante colorante y puede ser utilizado las áreas a analizar son difíciles de alcanzar	1UYD5	83.30
8		Lápiz Colorante Verde fluorescente	1 Lápiz que Contiene penetrante colorante y puede ser utilizado las áreas a analizar son difíciles de alcanzar, es visible bajo luz ultra-violeta	1UYD6	83.30

Todos los equipos son marca MAGNAFLUX



Fig. Imágenes de productos descritos

ANEXO B INVENTARIO DE INSUMOS DE EQUIPOS INFRARROJOS con pro forma de proveedores

Electro Parts <small>Medición, Calibración, Exteriores y Repuestos</small> Calle A San Antonio Abad No 2123 Frente al Colegio Cristobal Colón SAN SALVADOR SAN SALVADOR TEL: 2239 9999 FAX: 2226 9360 Visitenos en nuestra Web: www.electroparts.com.sv		Cotización # 5,656		
FECHA : 26-March-2009 VALIDO HASTA : 4/10/2009		GESTOR : Omar Quintanilla EMAIL: ventas2@electrosoft.com.sv		
FORMA DE PAGO : 50% AL ORDENAR		TELEFONO: 22399980 FAX: 2226-9360		
TIEMPO DE ENTREGA: EN 45-60 DIAS				
PARA: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR		DIRECCION: Final 25 Avenida Norte, SAN SALVADOR, SAN SALVADOR.		
ATENCION: ING. JUAN ANTONIO FLORES DIAS TEL 2225-1500 EXT-5110 mefp2600@yahoo.es		TEL.: 2225-1500 FAX.: 2225-2506 No. REGISTRO: 0000 NIT: 0614-110121-001-3		
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL



Fig. 71. Formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v de la camara fluke modelo TI-10

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	<p>Opción: 1 FLUKE-TERMO TI10 CAMARA TERMOGRAFICA BC: 095969399456</p> <p>CAMARA TERMOGRAFICA CON TECNOLOGIA IR FUSION</p> <ul style="list-style-type: none"> - CAMPO DE VISION 23 HORIZONTAL X 17 VERTICAL - ENFOQUE MANUAL DESDE 46cm A EL INFINITO - SENSIBILIDAD TERMICA < A 0.2 C A 30C - INTERVALO MINIMO 10C AUTOMATICO / 5C MANUAL - SENSOR TERMICO DE 160 X 120 (19.200 TOMAS DE TEMPERATURAS POR FOTO) - MODOS DE OPERACION : IMAGEN SOBRE IMAGEN E INFRARROJA COMPLETA - CAMARA DE LUZ VISIBLE DE 640 V 480 PIXELES - RANGO DE TEMPERATURA DE -20 A 250 GRADOS CENTIGRADOS +/- 5C - MODOS DE MEDICION EN PANTALLA : PUNTO CENTRAL - ESCALA DE TEMPERATURA AJUSTABLE (CENTIGRADOS Y FARENHEIT) - EMISIVIDAD AJUSTABLE AJUSTABLE EN PANTALLA : NO - PANTALLA LCD 9.1 CM VGA (640 X 480) - PALETAS DE COLOR: ACERO, AZUL-ROJO, ALTO CONTRASTE, GRIS - TOTALMENTE RADIOMETRICA - MEMORIA : TARJETA SD 2GB PARA ALMACENAR HASTA 1200 IMAGENES - FORMATOS DE EXPORTACION : JPEG, BMP, GIF, PNG, TIFF, WMF, EXIFF Y EMF - GRABADORA DE MEMOS DE VOZ : NO - BATERIA RECARGABLE (4 HORAS USO CONTINUO) - FRECUENCIA DE REFRESCADO : 9 Hz - PESO : 1.2 kg - IP 54 - PRUEBA DE CAIDA A 2 MTS - GARANTIA : 24 MESES <p>INCLUYE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ESTUCHE DE TRANSPORTE - SOFTWARE PARA ANALISIS SMART VIEW - MEMORIA SD DE 2GB - CARGADOR DE BATERIAS - ENTRENAMIENTO EN NUESTRAS INSTALACIONES <p>MARCA: FLUKE MODELO: TI10 ORIGEN : USA GARANTIA : 12 MESES</p> <p>APLICACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> * MANTENIMIENTO PREDICTIVO <ul style="list-style-type: none"> - TEMPERATURA DE OBJETOS DE ALCANCE DIFICIL O PELIGROSO - ESCANE0 DE BALEROS DE MOTORES - MAPEO TERMICO - MONITOREO DE EQUIPO PARA ANALISIS DE TENDENCIAS * MANTENIMIENTO ELECTRICO <ul style="list-style-type: none"> - DESBALANCE Y SOBRECARGA - SOBRECALENTAMIENTO DE ACEITE DE TRANFORMADORES - CORTOS CIRCUITOS - PUNTOS CALIENTES EN PANELES DELECTRICOS Y EQUIPOS - INSPECCIONES ELECTRICAS * APLICACIONES PELIGROSAS <ul style="list-style-type: none"> - MEDICIONES EN LUGARES HOSTILES * MANTENIMIENTO DE PLANTAS <ul style="list-style-type: none"> - AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCION Y REFRIGERACION * MEDICIONES DE TEMPERATURA EN PROCESOS <p>ENTRENAMINETO :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 HORAS / 1/2 DIA DE ENTRENAMIENTO DEL USO DE LA CAMARA, SOFTWARE Y BASES DE TERMOGRAFIA - IMPARTIDA POR TERMOGRAFO CERTIFICADO NIVEL 1 - ADICIONAL : 4 HORAS DE PRACTICA EN CAMPO. <p>NOTA: ENTREGA EN 45-60 DIAS.PRECIO UNITARIO CON IVA INCLUIDO.PAGO DEL 50% AL ORDENAR Y EL RESTO AL CREDITO 30 DIAS.</p>	\$5,763.00	\$5,763.00



Fig. 72. Continuación formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
------	-------	-------------	----------	-------

Foto Item: 1



*** Producto puede variar de Fotografia mostrada. ***

ELECTRO PARTS

SON CINCO MIL SETECIENTOS SESENTA Y TRES 00/100 Dolar

Sub Total	\$5,763.00
IVA:	\$0.00
TOTAL:	\$5,763.00

FAVOR EMITIR ORDEN DE COMPRA SEGUN COTIZACION.
 VENTAS AL CREDITO DE \$ 100 EN ADELANTE.
 DIA HABIL: DE LUNES A VIERNES SIN CONTAR DIAS FESTIVOS

AUTORIZADO _____

APROBADO POR CLIENTE : _____

Version 1.3 Modif: 03/15/08

Página 3 de 3

Fig. 73. Continuación formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-

Electro Parts

Medición, Calibración, Baterías y Repuestos

Calle A San Antonio Abad No 2123

Frente al Colegio Cristobal Colón

SAN SALVADOR SAN SALVADOR

TEL: 2239 9999 FAX: 2226 9360

Visitenos en nuestra Web: www.electroparts.com.sv

Cotización # 5,655

No. REGISTRO: 5381-3

NIT: 0614-290186-005-0

FECHA : 26-March-2009	VALIDO HASTA :4/10/2009	GESTOR :	Omar Quintanilla	
FORMA DE PAGO : PAGO DEL 50% AL ORDENAR		EMAIL:	ventas2@electrosoft.com.sv	
TIEMPO DE ENTREGA: EN 30 DIAS		TELEFONO:	22399980	
		FAX:	2226-9360	
PARA: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	DIRECCION:			
	Final 25 Avenida Norte,_SAN SALVADOR,SAN SALVADOR,			
ATENCION: ING.JUAN ANTONIO FLORES DIAS TEL 2225-1500 EXT-5110	TEL.: 2225-1500	FAX.: 2225-2506		
	No. REGISTRO: 0000	NIT: 0614-110121-001-3		
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL

ELECTRO PARTS S.A. DE C.V.

Fig. 74..Formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-25

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	<p>Opción: 1 FLUKE-TERMO TI25 CAMARA TERMOGRAFICA BC: 56303 CAMARA TERMOGRAFICA CON TECNOLOGIA IR FUSION</p> <ul style="list-style-type: none"> - CAMPO DE VISION 23 HORIZONTAL X 17 VERTICAL - ENFOQUE MANUAL DESDE 46cm A EL INFINITO - SENSIBILIDAD TERMICA : < A 0.1 C A 30C - INTERVALO MINIMO 5C AUTOMATICO / 2.5C MANUAL - SENSOR TERMICO DE 160 X 120 (19,200 TOMAS DE TEMPERATURAS POR FOTO) - MODOS DE OPERACION : IMAGEN SOBRE IMAGEN(FUSION DE LAS IMAGENES MIN/MED/MAX), INFRARROJA COMPLETA - CAMARA DE LUZ VISIBLE DE 640 X 480 PIXELES - RANGÓ DE TEMPERATURA DE -20 A 350 GRADOS CENTIGRADOS +/- 2C - MODOS DE MEDICION EN PANTALLA : PUNTO CENTRAL - ESCALA DE TEMPERATURA AJUSTABLE (CENTIGRADOS Y FARENHEIT) - EMISIVIDAD AJUSTABLE AJUSTABLE EN PANTALLA : NO - PANTALLA LCD 9.1 CM VGA (640 X 480) - PALETAS DE COLOR: ACERO, AZUL-ROJO, ALTO CONTRASTE, GRIS - TOTALMENTE RADIOMETRICA - MEMORIA : TARJETA SD 2GB PARA ALMACENAR HASTA 1200 IMAGENES - FORMATOS DE EXPORTACION : JPEG, BMP, GIF, PNG, TIFF, WMF, EXIFF Y EMF - GRABADORA DE MEMOS DE VOZ : SI - BATERIA RECARGABLE (4 HORAS USO CONTINUO) - FRECUENCIA DE REFRESCADO : 9 Hz - PESO : 1.2 kg - IP 54 - PRUEBA DE CAIDA A 2 MTS - GARANTIA : 24 MESES <p>INCLUYE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ESTUCHE DE TRANSPORTE - SOFTWARE PARA ANALISIS SMART VIEW - MEMORIA SD DE 2GB - CARGADOR DE BATERIAS - ENTRENAMIENTO EN NUESTRAS INSTALACIONES <p>MARCA: FLUKE MODELO: TI25 9HZ ORIGEN : USA</p> <p>APLICACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> * MANTENIMIENTO PREDICTIVO <ul style="list-style-type: none"> - TEMPERATURA DE OBJETOS DE ALCANCE DIFICIL O PELIGROSO - ESCANEADO DE BALEROS DE MOTORES - MAPEO TERMICO - MONITOREO DE EQUIPO PARA ANALISIS DE TENDENCIAS * MANTENIMIENTO ELECTRICO <ul style="list-style-type: none"> - DESBALANCE Y SOBRECARGA - SOBRECALENTAMIENTO DE ACEITE DE TRANFORMADORES - CORTOS CIRCUITOS - PUNTOS CALIENTES EN PANELES DELECTRICOS Y EQUIPOS - INSPECCIONES ELECTRICAS * APLICACIONES PELIGROSAS <ul style="list-style-type: none"> - MEDICIONES EN LUGARES HOSTILES * MANTENIMIENTO DE PLANTAS * AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCION Y REFRIGERACION *MEDICIONES DE TEMPERATURA EN PROCESOS <p>ENTRENAMINETO :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 HORAS / 1/2 DIA DE ENTRENAMIENTO DEL USO DE LA CAMARA, SOFTWARE Y BASES DE TERMOGRAFIA - IMPARTIDA POR TERMOGRAFO CERTIFICADO NIVEL 1 - ADICIONAL : 4 HORAS DE PRACTICA EN CAMPO. <p>NOTA: ENTREGA EN 30 DIAS.PRECIO UNITARIO CON IVA INCLUIDO.PAGO DEL 50% AL ORDENAR Y EL RESTO AL CREDITO.</p>	\$8,588.00	\$8,588.00

ELECTRO PARTS

Fig. 75.Continuación formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
------	------	-------------	----------	-------

Foto Item: 1



*** Producto puede variar de Fotografia mostrada. ***

ELECTRO PARTS S.p.A.

SON: OCHO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO 00/100 Dolar	Sub Total	\$8,588.00
	IVA:	\$0.00
IVA INCLUIDO	TOTAL:	\$8,588.00

FAVOR EMITIR ORDEN DE COMPRA SEGUN COTIZACION.
 VENTAS AL CREDITO DE \$ 100 EN ADELANTE.
 DIA HABIL: DE LUNES A VIERNES SIN CONTAR DIAS FESTIVOS

AUTORIZADO : _____

APROBADO POR CLIENTE : _____

Version 1.3 Modif. 05/10/06

Página 3 de 3

Fig. 76. Continuación formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-

Electro Parts

Medición, Calibración, Baterías y Propuestas
Calle A San Antonio Abad No 2123
Frente al Colegio Cristobal Colón
SAN SALVADOR SAN SALVADOR
TEL: 2239 9999 FAX: 2226 9360
Visitenos en nuestra Web: www.electroparts.com.sv

Cotización # 5,658

No. REGISTRO: 5381-3
NIT: 0614-290186-005-0

FECHA : 26-March-2009	VALIDO HASTA :4/10/2009	GESTOR :	Omar Quintanilla	
FORMA DE PAGO : 50% AL ORDENAR		EMAIL:	ventas2@electrosoft.com.sv	
TIEMPO DE ENTREGA: EN 45-60 DIAS		TELEFONO:	22399980	
		FAX:	2226-9360	
PARA: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	DIRECCION:			
	Final 25 Avenida Norte, SAN SALVADOR, SAN SALVADOR.			
ATENCION: ING JUAN ANTONIO FLORES DIAS TEL 2225-1500 EXT-5110 mefp2800@yahoo.es	TEL.: 2225-1500	FAX.: 2225-2506		
	No. REGISTRO: 0000	NIT: 0614-110121-001-3		
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL

Electro Parts S.A. de C.V.

Fig. 77. Formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-55

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	UNITARIO	TOTAL
1	1	<p>Opción: 1 FLUKE-TERMO TI55-FI/20 60HZ CAMARA TERMOGRAFICA BC: 54648</p> <p>CAMARA TERMOGRAFICA</p> <ul style="list-style-type: none"> - RANGO DE TEMPERATURA DE -20 A 600 GRADOS CENTIGRADOS +/- 2C - SENSOR TERMICO DE 320x240 (75,800 TOMAS DE TEMPERATURAS POR FOTO) - AREA DE VISIO FOV : 23 X 17 GRADOS - SENSIBILIDAD TERMICA DE BLOBOMETRO A BLOBOMETRO : < 0.05C - ENFOQUE INTELIGENTE - OPCION DE 3 LENTES INTERCAMBIABLES (10mm, 20mm, 54mm) CON RECUBRIMIENTO DE GERMANIO - RESOLUCION OPTICA DE 90:1 - DISPLAY PARA USO EN EXTERIORES DE 5 PULGADAS - ESCALA DE TEMPERATURA AJUSTABLE (CENTIGRADOS, FARENHEIT Y KELVIN) - PALETAS DE COLOR: 8 PALETAS - MODOS DE MEDICION AUTOMATICOS Y MANUAL EN PANTALLA - ANALISIS DE FOTOS EN PANTALLAS - TECNOLOGIA IR-FUSION : PERMITE FUSIONAR IMAGENES DE LUZ(FOTOS NORMALES) CON IMAGENES TERMOGRAFICAS - EMISIVIDAD AJUSTABLE DE 0.10 A 1.0 POR 0.01 - MEMORIA : FLASH CARD 512MB MAS DE 1000 IMAGENES - BATERIA RECARGABLE (4 HORAS USO CONTINUO) - TOTALMENTE RADIOMETRICA - LENTE ARTICULADO 180 GRADOS - BASADO EN WINDOWS CE - SALIDA A VIDEO - ZOOM 2x, 4x, 8x - RESISTENTE A AGUA Y POLVO : IP 54 - SOFTWARE INTERNO EN ESPAÑOL - GARANTIA : 24 MESES <p>INCLUYE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ESTUCHE DE TRANSPORTE - SOFTWARE PARA WINDOS 2000/XP (GRATIS) - CARGADOR DE BATERIAS - 2 BATERIAS - MEMORIA DE 512MB - CABLE DE VIDEO - LECTOR DE MEMORIAS PCMA / USB - 1 LENTE INTERCAMBIABLE : 20mm - CERTIFICADO DE CALIBRACION - CORREA PARA EL CUELLO - MALETA DE TRANSPORTE - ENTRENAMIENTO EN SITIO <p>MARCA: FLUKE MODELO: TI55 FI/20 ORIGEN : USA GARANTIA : 24 MESES</p> <p>TIEMPO DE ENTREGA : 60 DIAS DESPUES DE LA APROBACION DE LA LICENCIA DE EXPORTACION POR PARTE DEL DEPARTAMENTO DE ESTADO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. EL TIEMPO DE TRAMITE DE LA LICENCIA DE EXPORTACION PUEDE SER DE 2 A 4 MESES.</p> <p>APLICACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> * MANTENIMIENTO PREDICTIVO <ul style="list-style-type: none"> - TEMPERATURA DE OBJETOS DE ALCANCE DIFICIL O PELIGROSO - ESCANE0 DE BALEROS DE MOTORES - MAPEO TERMICO - MONITOREO DE EQUIPO PARA ANALISIS DE TENDENCIAS * MANTENIMIENTO ELECTRICO <ul style="list-style-type: none"> - DESBALANCE Y SOBRECARGA - SOBRECALENTAMIENTO DE ACEITE DE TRANFORMADORES - CORTOS CIRCUITOS - PUNTOS CALIENTES EN PANELES DEELECTRICOS Y EQUIPOS - INSPECCIONES ELECTRICAS * APLICACIONES PELIGROSAS <ul style="list-style-type: none"> - MEDICIONES EN LUGARES HOSTILES * MANTENIMIENTO DE PLANTAS * AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCION Y REFRIGERACION *MEDCIONES DE TEMPERATURA EN PROCESOS <p>ENTRENAMINETO :</p>	\$25,990.00	\$25,990.00



Fig. 78. Continuación formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
		- 16 HORAS / 2 DIAS DE ENTRENAMIENTO DEL USO DE LA CAMARA, SOFTWARE Y BASES DE TERMOGRAFIA - IMPARTIDA POR TERMOGRAFO CERTIFICADO NIVEL 1 - ADICIONAL : 4 HORAS DE PRACTICA EN CAMPO, NOTA: ENTREGA EN 45-60 DIAS.PRECIO UNITARIO CON IVA INCLUIDO.PAGO DEL 50% AL ORDENAR Y EL RESTO CREDITO 30 DIAS. Foto Item: 1		



*** Producto puede variar de Fotografia mostrada. ***

ELECTRO PARTS S.A. DE C.V.

SON: VEINTICINCO MIL NOVECIENTOS NOVENTA 00/100 Dolar	Sub Total	\$25,990.00
	IVA:	\$0.00
IVA INCLUIDO	TOTAL:	\$25,990.00

FAVOR EMITIR ORDEN DE COMPRA SEGUN COTIZACION.
 VENTAS AL CREDITO DE \$ 100 EN ADELANTE.
 DIA HABIL: DE LUNES A VIERNES SIN CONTAR DIAS FESTIVOS

AUTORIZADO: _____

APROBADO POR CLIENTE : _____

Version 1.3 Modif 03/1905

Página 3 de 3

Fig. 79. Continuación formato de cotización presentada por electro parts.s.a de c.v. de la camara fluke modelo TI-



**FLIR-i
Industrial**



**Fluke Ti Industrial &
TiR Building Series**



**FLIR-T Series,
Industrial**



**Fluke Ti & TiR
Flexcam® Series**

Fig. 80. Diversos modelos de camaras infrarrojas.

Cant.	Modelo	Rango de Temperatura	Descripción	Código Identificador GRAINGER	Precio FOB MIAMI US(\$)
		°C			
1	Extech Instruments IRC350-NIST	50 a 350	1 Calibrador Infrarrojo Portátil, Emisividad de 0.95, blanco de 2.25 pulgadas de diámetro.	1TZR4	1170.0
2	FLIR i40	-20 a 350	1 Equipo con Peso 0.60 Kg., Resolución de 120x120 píxeles, precisión de temperatura \pm 2%, Cuadro dentro de cuadro, Enfoque manual, batería recargable, cable USB, Software QuickReport, estuche, Tarjeta microSD 1GB.	2MZL7	4995.0
3	FLIR i50	-10 a 350	1 Equipo con Peso 0.60 Kg., Resolución de 140x140 píxeles, precisión de temperatura \pm 2%, Cuadro dentro de cuadro, Enfoque manual, puntero laser, batería recargable, cable USB, Software QuickReport, Tarjeta microSD 1GB, estuche.	2PZD8	5995.0
4	FLIR i60	-10 a 350	1 Equipo con Peso 0.60 Kg., Resolución de 180x180 píxeles, precisión de temperatura \pm 2%, Cuadro dentro de cuadro, Enfoque manual, batería recargable cable USB, Software QuickReport, estuche, Tarjeta microSD 1GB.	2PZD9	7995.0
5	FLIR T200	-20 a 50	1 Equipo con Peso 0.9 Kg., Resolución de 250X150 píxeles, enfoque automático.	2PZE8	9950.0
6	FLIR T250	-20 a 50	1 Equipo con Peso 0.9 Kg., Resolución de 250X150 píxeles, enfoque automático.	2PZE9	12950.0
7	FLIR T360	-20 a 50	1 Equipo con Peso 0.9 Kg., Resolución de 320x240 píxeles, enfoque automático.	2PZF1	16950.0
8	FLIR T400	-20 a 50	1 Equipo con Peso 0.9 Kg., Resolución de 320x240 píxeles, enfoque automático.	2PZF2	20950.0

9	FLUKE TI10 Certificado NIST	-20 a 250	1 Equipo con Peso 0.60 Kg., Resolución de 160x120 píxeles, precisión de temperatura \pm 5%, Cuadro dentro de cuadro, Función Fusión de imagen, Enfoque manual.	2WTL9	5411.0
10	FLUKE TI10 Certificado NIST	-20 a 250	1 Equipo con Peso 0.60 Kg., Resolución de 160x120 píxeles, precisión de temperatura \pm 2%, Cuadro dentro de cuadro, Función Fusión de Imagen, Enfoque manual.	2WTN1	8579.0
11	FLUKE TI40FT-20- NIST-D Certificado NIST	-20 a 350	1 Equipo con peso de 2.0 Kg., Resolución de 160x120 píxeles, enfoque manual,	2WTL2	16797.0
12	FLUKE TI45T-20- NIST-D Certificado NIST	-20 a 600	1 Equipo con peso de 2.0 Kg., Resolución de 160x120 píxeles, enfoque manual, alarma.	2WTL3	21825.0
13	FLUKE TI50-20- NIST-D Certificado NIST	-20 a 350	1 Equipo con peso de 2.0 Kg., Resolución de 320x240 píxeles, enfoque manual, alarma.	2WTL4	26854.0
14	FLUKE TI55-20- NIST-D Certificado NIST	-20 a 600	1 Equipo con peso de 2.0 Kg., Resolución de 320x240 píxeles, enfoque manual, alarma.	2WTL5	30765.0

*Modelos marca FLUKE. El resto son marca FLIR (Proveedor Grainger)

ANEXO C INVENTARIO DE INSUMOS PRUEBAS DE ULTRASONIDO
METAL-MET USA, Corp

Miami, Septiembre 25 de 2009.

Sres. : **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (ESV)**

Atn. : Mario Flores

Tel. : (5)

Fax : (5)

De : Raúl Navarrete

Tel. : +1.305.500.9884

Fax : +1.305.500.9886

Ref. : Detectores de falla UT

Número de páginas enviadas: 06

Estimado Br. Flores:

Por medio de la presente le indicamos los precios de los equipos solicitados de nuestra compañía representada OLYMPUS NDT:

OPCIÓN 1

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$.
1	<p>Equipo detector de fallas digital portátil marca OLYMPUS NDT (PANAMETRICS-NDT), modelo Epoch XT:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pantalla: 320 x 240 píxeles, pantalla de cristal líquido (LCD) a color, con colores seleccionables por el usuario y con 60 Hz de actualización. ➤ Batería: Recargable, de Ion Litio de 9-10 horas de operación. ➤ Cumple con EN-12668-1 ➤ Cumple con IP 67, sellado para soportar ambientes agresivos. ➤ Dibujo de curvas DAC y TVG dinámicas STANDARD, tanto para ASME como para las normas japonesas JIS. ➤ Puerto USB para impresión directa o almacenaje en unidad pen drive. ➤ Tecnología "PERFECT SQUARE", la cual controla electrónicamente el pulso de la onda del palpador en los bordes para maximizar las prestaciones del palpador y la resolución cerca de la superficie. ➤ PRF ajustable desde 10Hz hasta 1 KHz en pasos de 10Hz. ➤ Poderoso almacenador de datos alfanumérico, el cual permite que se carguen al equipo archivos de almacenamiento de datos del tipo usado en mediciones de espesor / corrosión. ➤ Calibración de distancia automática. ➤ Velocidad mínima de actualización: 60 Hz. ➤ Calcula del camino sónico indicando distancia horizontal, 	8,655.90

	<p>vertical y diagonal de la discontinuidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alarmas audiovisuales configurables por exceso o defecto o espesor mínimo. ➤ Sensibilidad: 110dB máximo, niveles de referencia de 6dB ó 0.1dB de resolución. ➤ Auto calibración del palpador: Calibración automática del cero y/o la velocidad del palpador. ➤ Calibración: autocalibración continua y compensación automática de los pulsos de amplitud y recepción debido a los efectos de la temperatura y del envejecimiento. ➤ Rejección: 0% a 80% en incrementos de 1% ➤ Unidades: Inglesas, métricas o μseg. ➤ Rango de velocidades del material: 635 a 15.240 m/seg (0.025 a 0.60000 in/μseg) ➤ Zero offset: 0 a 4950 μseg. ➤ Rango: 1.86mm a 13400mm (0.073 a 527 pulgadas). ➤ Ángulos variables: desde 10° a 85° con 0.1° de resolución. ➤ Nivel de la compuerta: “off” o “on” con nivel ajustable desde 2% a 95% ➤ Congelamiento de la forma de onda. ➤ Energía del pulso: desde 50 hasta 475 Voltios en pasos de 25 Voltios. ➤ Ancho del pulso: desde 30 hasta 10000ns (0.1MHz) con la tecnología PERFECT SQUARE. ➤ Rectificación: Onda completa, Media Onda positiva o negativa y RF. ➤ Ancho de banda analógica: 0.2 a 26.5MHz a -3dB. ➤ Modos de medición: Pulso-Eco, Dual y transmisión. ➤ Temperatura de operación: Pantalla luminiscente: -20°C a 50°C. ➤ Temperatura de almacenamiento: -40°C a 70°C dependiendo de la batería y la pantalla ➤ Fuente de poder: 100-120 VAC, 200-240 VAC, 50-60 Hz. ➤ Tiempo de recarga de batería: 2 horas. ➤ Estatus de la batería: mostrada continuamente, señal de alarma en pantalla cuando la batería tiene menos de 30 minutos de carga. ➤ Almacenamiento interno de datos de hasta 10,000 identificadores con la forma de la onda, parámetros de calibración y medición. ➤ Conectores para el cable del palpador: BNC. ➤ Teclado: Inglés o internacional. ➤ Idiomas: Seleccionable por teclado: inglés, francés, alemán, español, italiano y otros. ➤ Comunicación por puerto USB de alta velocidad. ➤ Peso: 2.1 Kg. con la batería. ➤ Garantía: Un (01) año de garantía, No incluye la batería <p>El equipo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de baterías. • Batería recargable. • Certificado de calibración NIST. • Maletín de transporte. • Manual de instrucciones. • Software curvas DAC y TVG DINÁMICA. 	
--	---	--

OPCIÓN 2

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$
1	<p>Equipo detector de fallas digital portátil marca OLYMPUS NDT (PANAMETRICS-NDT), modelo Epoch LTC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pantalla: FULL VGA 640 x 280 píxeles, pantalla TFT a color, con colores seleccionables por el usuario y con 60 Hz de actualización. ➤ Batería: Recargable, de Ion Litio de 8 horas de operación. Otras opciones de batería también se consiguen. ➤ Cumple con EN-12668-1 ➤ Cumple con IP 67, sellado para soportar ambientes agresivos. ➤ Peso de 0.96 Kg. ➤ Dibujo de curvas DAC y TVG dinámicas STANDARD, tanto para ASME como para las normas japonesas JIS. ➤ Puerto USB para impresión directa o almacenaje en unidad pen drive. ➤ Puerto VGA para operación con un monitor o proyectores. ➤ Almacenamiento vía Tarjeta Mini SD y en el equipo, con almacenador alfanumérico. ➤ Receptor digital de rango dinámico alto con filtros digitales. ➤ Pulsador de onda cuadrada de alto rendimiento con opción de sintonización. ➤ Tecnología “PERFECT SQUARE”, la cual controla electrónicamente el pulso de la onda del palpador en los bordes para maximizar las prestaciones del palpador y la resolución cerca de la superficie. ➤ Poderoso almacenador de datos alfanumérico, el cual permite que se carguen al equipo archivos de almacenamiento de datos del tipo usado en mediciones de espesor/corrosión. Hasta 50,000 mediciones con ID. Ilimitado con las tarjetas SD. ➤ Modos de apertura de la cuadrícula: 100% o 110% ➤ Calibración de distancia automática. ➤ Velocidad mínima de actualización: 60 Hz. ➤ Calcula del camino sónico indicando distancia horizontal, vertical y diagonal de la discontinuidad. ➤ Alarmas audiovisuales configurables por exceso o defecto o espesor mínimo. ➤ Sensibilidad: 110dB máximo, niveles de referencia de 6dB ó 0.1dB de resolución. ➤ Autocalibración del palpador: Calibración automática del cero y/o la velocidad del palpador. ➤ Calibración: autocalibración continua y compensación automática de los pulsos de amplitud y recepción debido a los efectos de la temperatura y del envejecimiento. ➤ Reject: 0% a 80% en incrementos de 1% ➤ Velocidad de medición: 10 Hz a 500Hz. ➤ Unidades: Inglesas, métricas o useg. 	7,047.57

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rango de velocidades del material: 635 a 15.240 m/seg (0.025 a 0.60000 in/μseg) ➤ Zero offset: 0 a 750 μseg. ➤ Rango: 4.00mm a 5000mm (0.0.144 a 200 pulgadas) Opcional: hasta 10000mm (400 pulgadas). ➤ Ángulos variables: desde 10° a 85° con 0.1° de resolución. ➤ Segunda compuerta: OPCIONAL. ➤ Congelamiento de la forma de onda. ➤ Energía del pulso: desde 100 hasta 400 Voltios en pasos de 100 Voltios. ➤ Ancho del pulso: Ancho fijo en el instrumento base. Se puede adquirir la opción de software de TURNABLE SQUARE WAVE PULSER para poder ajustar el ancho del pulso desde 30 hasta 10000ns en pasos de 0.1MHz. ➤ Rectificación: Onda completa, Media Onda positiva o negativa y RF. ➤ Modos de medición: Pulso-Eco, Dual y transmisión. ➤ Temperatura de operación: Pantalla luminiscente: -20°C a 50°C. ➤ Temperatura de almacenamiento: -40°C a 70°C dependiendo de la batería y la pantalla ➤ Fuente de poder: 100-120 VAC, 200-240 VAC, 50-60 Hz. ➤ Tiempo de recarga de batería: 2 horas. ➤ Estatus de la batería: mostrada continuamente, señal de alarma en pantalla cuando la batería tiene menos de 30 minutos de carga. ➤ Conectores para el cable del palpador: BNC. ➤ Teclado: Inglés o internacional. ➤ Idiomas: Seleccionable por teclado: inglés, francés, alemán, español, italiano y otros. ➤ Garantía: Un (01) año de garantía, No incluye la batería <p>El equipo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de baterías. • Batería recargable. • Certificado de calibración NIST. • Maletín de transporte. • Manual de instrucciones. • Software curvas DAC y TVG DINÁMICA. 	
--	--	--

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$
1	<p>Equipo detector de fallas digital portátil marca OLYMPUS NDT, modelo Epoch LT:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pantalla: 320 x 240 píxeles, pantalla de cristal líquido (LCD) ➤ Batería: Recargable, 6V (3000mAH) ➤ Velocidad mínima de actualización: 60 Hz. ➤ Calcula del camino sónico indicando distancia horizontal, vertical y diagonal de la discontinuidad. ➤ Alarmas audiovisuales configurables por exceso o defecto o espesor mínimo. ➤ Operado por baterías o por corriente. ➤ Sensibilidad: 100dB máximo, niveles de referencia de 6dB ó 0.1dB de resolución. ➤ Autocalibración del palpador: Calibración automática del cero y/o la velocidad del palpador. ➤ Calibración: autocalibración continua y compensación automática de los pulsos de amplitud y recepción debido a los efectos de la temperatura y del envejecimiento. ➤ Reject: 0% a 80% en incrementos de 1% ➤ Unidades: Inglesas, métricas o μseg. ➤ Rango de velocidades del material: 635 a 15.240 m/seg (0.025 a 0.60000 in/μseg) ➤ Zero offset: 0 a 350 μseg. ➤ Rango: 4mm a 5000mm (0.16 a 200 pulgadas. OPCIONAL: de 1mm a 10000mm (opcional) ➤ Ángulos: Pre-determinados: 0°, 30°, 45°, 60°, 70°, ó variables: desde 10° a 85° con 0.1° de resolución. ➤ Nivel de la compuerta: "off" o "on" con nivel ajustable desde 2% a 95% ➤ Congelamiento de la forma de onda. ➤ Energía del pulso: bajo, medio, alto y máximo. ➤ Damping: 50, 63, 150 y 400 ohms. ➤ Rectificación: Onda completa, Media Onda positiva o negativa y RF. ➤ Ancho de banda analógica: 0.3 a 20MHz a -3dB. ➤ Modos de medición: Pulso-Eco, Dual y transmisión. ➤ Temperatura de operación: Pantalla luminiscente: -20°C a 50°C. ➤ Temperatura de almacenamiento: -40°C a 70°C dependiendo de la batería y la pantalla ➤ Fuente de poder: 100-120 VAC, 200-240 VAC, 50-60 Hz. ➤ Tiempo de operación con las baterías: 8 horas nominal. ➤ Tiempo de recarga de batería: 2 horas. ➤ Estatus de la batería: mostrada continuamente, señal de alarma en pantalla cuando la batería tiene menos de 30 minutos de carga. ➤ Almacenamiento interno de datos de hasta 100 calibraciones y 2000 mediciones de espesor. Opcional: 500 calibraciones y 10,000 mediciones de espesor. ➤ Conectores para el cable del palpador: Lemo 00. ➤ Teclado: Inglés o internacional. ➤ Idiomas: Seleccionable por teclado: inglés, francés, alemán, español, italiano y otros. 	4,950.00

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comunicación por puerto USB de alta velocidad. ➤ Dimensiones: 23.8 x 13.8 x 3.8 cm ➤ Peso: 1.0 Kg. con la batería. ➤ Garantía: Un (01) año de garantía, No incluye la batería <p>El equipo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de baterías. • Batería recargable. • Certificado de calibración NIST. • Maletín de transporte. • Manual de instrucciones. • Software curvas DAC y TVG. 	
--	---	--

Condiciones de Venta:

- Esta oferta es válida por treinta (30) días a partir de la fecha de emisión.
- Tiempo de entrega: Aproximadamente de cuatro (04) a seis (06) semanas luego de recibir su orden de compra, salvo imprevistos.
- Los precios se entienden en Dólares americanos por los equipos FOB Miami, Fl. USA. No incluye gastos de flete dentro ni fuera de USA.
- Forma de pago: Cien por ciento (100%) con la orden de compra, a través de transferencia bancaria en banco americano.
- Los equipos tienen garantía por un año contra defectos de fabricación y no por mal uso. Las bobinas, cables y equipos susceptibles a desgaste por uso, no están incluido en la garantía.
- Esta oferta la hace METAL-MET USA, Corp. A nombre de OLYMPUS NDT y queda sujeta a su aprobación final.

Cualquier información adicional que necesite no dude en comunicarse con nosotros.

Atentamente,

Ing. Raúl Navarrete.
METAL-MET USA, Corp.

METAL-MET USA, Corp

Miami, Septiembre 25 de 2009.

Sres. : **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (ESV)**

Atn. : Mario Flores

Tel. : (5)

Fax : (5)

De : Raúl Navarrete

Tel. : +1.305.500.9884

Fax : +1.305.500.9886

Ref. : Detectores de falla UT/PA

Número de páginas enviadas: 08

Estimado Br. Flores:

Por medio de la presente le indicamos los precios de los equipos solicitados de nuestra compañía representada OLYMPUS NDT:

OPCIÓN 1

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$
1	<p>Equipo detector de fallas digital portátil marca OLYMPUS NDT (PANAMETRICS-NDT), modelo EPOCH 1000:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Pantalla: FULL VGA, pantalla transreflectiva LCD a color, resolución de 640 x 280.➤ Batería: Recargable, de Ion Litio de 8 horas en modo UT convencional y 7 en modo de PHASED ARRAY.➤ Cumple con EN-12668-1➤ Cumple con IP 66, sellado para soportar ambientes agresivos.➤ Paquete de mejoramiento visual CLEAR WAVE para interpretación en A-SCAN convencional➤ Dibujo de curvas DAC y TVG dinámicas STANDARD, tanto para ASME como para las normas japonesas JIS.➤ Hasta 50 puntos para la curva DAC.➤ DGS/AVG standard.➤ Receptor digital de alto rango dinámico.➤ Cursores de medición y referencia.➤ Puertos: 1 USB CLIENT, 2 USB HOST, 1 RS-232, 1 salida VGA standard, 4 salidas análogas, 6 salidas de alarmas, 2 salidas para encoder de cudratura solo para el modo UT convencional, 1 puerto de disparo.➤ Onda cuadrada entonable.➤ PRF ajustable desde 5Hz hasta 6 KHz en pasos de 5Hz, para UT convencional.➤ Poderoso almacenador de datos alfanumérico para hasta 10,000 nombres con formas de onda, y tarjeta flash card de 2 GB cambiabile.➤ Calibración de distancia automática.➤ Calcula del camino sónico indicando distancia horizontal, vertical y diagonal de la discontinuidad.➤ Dos compuertas de medición completamente independientes para amplitud y tiempo de vuelo.	9,500.00

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Puerta de interfase OPCIONAL con rastreo de la compuerta 1 o 2. ➤ Dos cursores de referencia para A-SCANS. ➤ Alarmas audiovisuales configurables por exceso o defecto o espesor mínimo. ➤ Sensibilidad: 110dB máximo, niveles de referencia de 6dB ó 0.1dB de resolución. ➤ Calibración: autocalibración continua y compensación automática de los pulsos de amplitud y recepción debido a los efectos de la temperatura y del envejecimiento. ➤ Reject: 0% a 80% en incrementos de 1% ➤ Unidades: Inglesas, métricas o μseg. ➤ Corrección de curvatura ID o OD. ➤ Rango de velocidades del material: 635 a 15.240 m/seg (0.025 a 0.60000 in/μseg) ➤ Zero offset: 0 a 750 μseg. ➤ Rango: 1.86mm a 25400mm (0.073 a 1000 pulgadas. ➤ Ángulos variables: desde 10° a 85° con 0.1° de resolución. ➤ Nivel de la compuerta: “off” o “on” con nivel ajustable desde 2% a 95% ➤ Congelamiento de la forma de onda. ➤ Energía del pulso: desde 50 hasta 475 Voltios en pasos de 25 Voltios. ➤ Ancho del pulso: desde 30 hasta 10000ns (0.1MHz) con la tecnología PERFECT SQUARE. ➤ Rectificación: Onda completa, Media Onda positiva o negativa y RF. ➤ Ancho de banda: 0.2 a 26.5MHz a -3dB. ➤ Modos de medición: Pulso-Eco, Dual y transmisión. ➤ Temperatura de operación: -10°C a 50°C. ➤ Tiempo de recarga de batería: 2 horas. ➤ Estatus de la batería: mostrada continuamente, señal de alarma en pantalla cuando la batería tiene menos de 30 minutos de carga. ➤ Conectores para el cable del palpador: BNC. ➤ Teclado: Inglés o internacional. ➤ Idiomas: Seleccionable por teclado: inglés, francés, alemán, español, italiano y otros. ➤ Peso: 3.67 Kg. con la batería. ➤ Garantía: Un (01) año de garantía, No incluye la batería. <p>El equipo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de baterías. • Batería recargable. • Certificado de calibración NIST. • Maletín de transporte. • Manual de instrucciones. 	
--	--	--

OPCIÓN 2

<i>ITEM</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>P/U US\$</i>
1	Equipo detector de fallas digital portátil marca	10,500.00

	<p>OLYMPUS NDT (PANAMETRICS-NDT), modelo Epoch 1000iR:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pantalla: FULL VGA, pantalla transreflectiva LCD a color, resolución de 640 x 280. ➤ Batería: Recargable, de Ion Litio de 8 horas en modo UT convencional y 7 en modo de PHASED ARRAY. ➤ ACTUALIZABLE A PHASED ARRAY. ➤ Cumple con EN-12668-1 ➤ Cumple con IP 66, sellado para soportar ambientes agresivos. ➤ Paquete de mejoramiento visual CLEAR WAVE para interpretación en A-SCAN convencional ➤ Dibujo de curvas DAC y TVG dinámicas STANDARD, tanto para ASME como para las normas japonesas JIS. ➤ Hasta 50 puntos para la curva DAC. ➤ DGS/AVG standard. ➤ Receptor digital de alto rango dinámico. ➤ Cursores de medición y referencia. ➤ Puertos: 1 USB CLIENT, 2 USB HOST, 1 RS-232, 1 salida VGA standard, 4 salidas análogas, 6 salidas de alarmas, 2 salidas para encoder de cudratura solo para el modo UT convencional, 1 puerto de disparo. ➤ Onda cuadrada entonable. ➤ PRF ajustable desde 5Hz hasta 6 KHz en pasos de 5Hz, para UT convencional. ➤ Poderoso almacenador de datos alfanumérico para hasta 10,000 nombres con formas de onda, y tarjeta flash card de 2 GB cambiabile. ➤ Calibración de distancia automática. ➤ Calcula del camino sónico indicando distancia horizontal, vertical y diagonal de la discontinuidad. ➤ Dos compuertas de medición completamente independientes para amplitud y tiempo de vuelo. ➤ Puerta de interfase OPCIONAL con rastreo de la compuerta 1 o 2. ➤ Dos cursores de referencia para A-SCANS. ➤ Alarmas audiovisuales configurables por exceso o defecto o espesor mínimo. ➤ Sensibilidad: 110dB máximo, niveles de referencia de 6dB ó 0.1dB de resolución. ➤ Calibración: autocalibración continua y compensación automática de los pulsos de amplitud y recepción debido a los efectos de la temperatura y del envejecimiento. ➤ Reject: 0% a 80% en incrementos de 1% ➤ Unidades: Inglesas, métricas o μseg. ➤ Corrección de curvatura ID o OD. ➤ Rango de velocidades del material: 635 a 15.240 m/seg (0.025 a 0.60000 in/μseg) ➤ Zero offset: 0 a 750 μseg. ➤ Rango: 1.86mm a 25400mm (0.073 a 1000 pulgadas). ➤ Ángulos variables: desde 10° a 85° con 0.1° de resolución. ➤ Nivel de la compuerta: "off" o "on" con nivel ajustable desde 2% a 95% ➤ Congelamiento de la forma de onda. ➤ Energía del pulso: desde 50 hasta 475 Voltios en pasos de 25 Voltios. 	
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ancho del pulso: desde 30 hasta 10000ns (0.1MHz) con la tecnología PERFECT SQUARE. ➤ Rectificación: Onda completa, Media Onda positiva o negativa y RF. ➤ Ancho de banda: 0.2 a 26.5MHz a -3dB. ➤ Modos de medición: Pulso-Eco, Dual y transmisión. ➤ Temperatura de operación: -10°C a 50°C. ➤ Tiempo de recarga de batería: 2 horas. ➤ Estatus de la batería: mostrada continuamente, señal de alarma en pantalla cuando la batería tiene menos de 30 minutos de carga. ➤ Conectores para el cable del palpador: BNC. ➤ Teclado: Inglés o internacional. ➤ Idiomas: Seleccionable por teclado: inglés, francés, alemán, español, italiano y otros. ➤ Peso: 3.67 Kg. con la batería. ➤ Garantía: Un (01) año de garantía, No incluye la batería. <p>El equipo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de baterías. • Batería recargable. • Certificado de calibración NIST. • Maletín de transporte. • Manual de instrucciones. 	
--	---	--

OPCIÓN 3

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$
1	<p>Equipo detector de fallas digital portátil marca OLYMPUS NDT (PANAMETRICS-NDT), modelo EPOCH 1000i:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pantalla: FULL VGA, pantalla transreflectiva LCD a color, resolución de 640 x 280. ➤ Presentación PHASED ARRAY ➤ Batería: Recargable, de Ion Litio de 8 horas en modo UT convencional y 7 en modo de PHASED ARRAY. ➤ Cumple con EN-12668-1 ➤ Cumple con IP 66, sellado para soportar ambientes agresivos. ➤ Paquete de mejoramiento visual CLEAR WAVE para interpretación en A-SCAN convencional ➤ Dibujo de curvas DAC y TVG dinámicas STANDARD, tanto para ASME como para las normas japonesas JIS. 	15,000.00

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hasta 50 puntos para la curva DAC. ➤ DGS/AVG standard. ➤ Receptor digital de alto rango dinámico. ➤ Cursores de medición y referencia. ➤ Puertos: 1 USB CLIENT, 2 USB HOST, 1 RS-232, 1 salida VGA standard, 4 salidas análogas, 6 salidas de alarmas, 2 salidas para encoder de cudratura solo para el modo UT convencional, 1 puerto de disparo. ➤ Onda cuadrada entonable. ➤ PRF ajustable desde 5Hz hasta 6 KHz en pasos de 5Hz, para UT convencional. ➤ Poderoso almacenador de datos alfanumérico para hasta 10,000 nombres con formas de onda, y tarjeta flash card de 2 GB cambiabile. ➤ Calibración de distancia automática. ➤ Calcula del camino sónico indicando distancia horizontal, vertical y diagonal de la discontinuidad. ➤ Dos compuertas de medición completamente independientes para amplitud y tiempo de vuelo. ➤ Puerta de interfase OPCIONAL con rastreo de la compuerta 1 o 2. ➤ Dos cursores de referencia para A-SCANS. ➤ Alarmas audiovisuales configurables por exceso o defecto o espesor mínimo. ➤ Sensibilidad: 110dB máximo, niveles de referencia de 6dB ó 0.1dB de resolución. ➤ Calibración: autocalibración continua y compensación automática de los pulsos de amplitud y recepción debido a los efectos de la temperatura y del envejecimiento. ➤ Reject: 0% a 80% en incrementos de 1% ➤ Unidades: Inglesas, métricas o μseg. ➤ Corrección de curvatura ID o OD. ➤ Rango de velocidades del material: 635 a 15.240 m/seg (0.025 a 0.60000 in/μseg) ➤ Zero offset: 0 a 750 μseg. ➤ Rango: 1.86mm a 25400mm (0.073 a 1000 pulgadas). ➤ Ángulos variables: desde 10° a 85° con 0.1° de resolución. ➤ Nivel de la compuerta: "off" o "on" con nivel ajustable desde 2% a 95% ➤ Congelamiento de la forma de onda. ➤ Energía del pulso: desde 50 hasta 475 Voltios en pasos de 25 Voltios. ➤ Ancho del pulso: desde 30 hasta 10000ns (0.1MHz) con la tecnología PERFECT SQUARE. ➤ Rectificación: Onda completa, Media Onda positiva o negativa y RF. ➤ Ancho de banda: 0.2 a 26.5MHz a -3dB. ➤ Modos de medición: Pulso-Eco, Dual y transmisión. ➤ Temperatura de operación: -10°C a 50°C. ➤ Tiempo de recarga de batería: 2 horas. ➤ Estatus de la batería: mostrada continuamente, señal de alarma en pantalla cuando la batería tiene menos de 30 minutos de carga. ➤ Conectores para el cable del palpador: BNC. ➤ Teclado: Inglés o internacional. 	
--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Idiomas: Seleccionable por teclado: inglés, francés, alemán, español, italiano y otros. ➤ Peso: 3.67 Kg. con la batería. ➤ Garantía: Un (01) año de garantía, No incluye la batería. <p>MODO PHASED ARRAY</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ PRF automático a un máximo de 1360Hz. ❖ Seteo de energía: 40V ó 80V. ❖ Ancho de pulso configurable desde 40 a 1000ns con el perfect square®. ❖ Reconocimiento automático del palpador. ❖ Calibración automática de camino sónico o profundidad. ❖ 60 leyes focales angulares con incrementos de 0.5°. ❖ 2 cursores de referencia para A-SCAN y 4 para imagen PA. ❖ Calculador AWS D1.1/D1.5 ❖ Vista dual A-SCAN/S-SCAN. ❖ Utiliza palpadores de PA de hasta 16 elementos, con manejo de 16 elementos a la vez. <p>El equipo incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargador de baterías. • Batería recargable. • Certificado de calibración NIST. • Maletín de transporte. • Manual de instrucciones. 	
--	---	--

ACCESORIOS UT CONVENCIONAL:

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$
1	Palpador modelo C430-SB, conexión BNC, 0.625" x 0.625", 2.25 MHz de frecuencia. (Tipo AWS D1.1)	385.00
2	Zapata modelo ABWS-8-45.	58.30
3	Zapata modelo ABWS-8-60	58.30
4	Zapata modelo ABWS-8-70	58.30
5	Palpador modelo C543-SM, conexión Microdot, 0.25" de diámetro y 5.0 MHz de frecuencia.	369.60
6	Zapata modelo ABWM-4T-30, para palpadores de 0.25" de diámetro y 30°.	58.30
7	Zapata modelo ABSA-4T-45, para palpadores de 0.25" de diámetro y 45°	58.30
8	Zapata modelo ABSA-4T-60, para palpadores de 0.25" de diámetro y	58.30

	60°	
9	Zapata modelo ABSA-4T-70, para palpadores de 0.25" de diámetro y 70°.	58.30
10	Cable BCM-74-6	58.30
11	Bloque de calibración modelo TB7541-1, en acero 1018, tipo V1, con caja.	679.80
12	Software de interface GAGEVIEW PRO, con cable USB	711.00

ACCESORIOS DE PHASED ARRAY PARA EL EPOCH 1000i.

ITEM	DESCRIPTION	P/U US\$
1	Palpador Phased array modelo 5L16-A10P, 5.0 MHz, 16 elementos, cable de 5 m de largo.	2.375.00
2	Zapata modelo SA10-N55S para palpador 5L16-A10P. 55 grados.	150.00
3	Palpador Phased Array modelo 2.25L16-AWS, 2.25 MHz, 16 elementos, cable de 2.5 m. de largo.	1,650.00
4	Zapata modelo SAWS-N60S para palpador 5L16-AWS. 60 grados.	220.00

Condiciones de Venta:

- Esta oferta es válida por treinta (30) días a partir de la fecha de emisión.
- Tiempo de entrega: Aproximadamente de cuatro (04) a seis (06) semanas luego de recibir su orden de compra, salvo imprevistos.
- Los precios se entienden en Dólares americanos por los equipos FOB Miami, Fl. USA. No incluye gastos de flete dentro ni fuera de USA.
- Forma de pago: Cien por ciento (100%) con la orden de compra, a través de transferencia bancaria en banco americano.
- Los equipos tienen garantía por un año contra defectos de fabricación y no por mal uso. Las bobinas, cables y equipos susceptibles a desgaste por uso, no están incluido en la garantía.
- Esta oferta la hace METAL-MET USA, Corp. A nombre de OLYMPUS NDT y queda sujeta a su aprobación final.

Cualquier información adicional que necesite no dude en comunicarse con nosotros.

Atentamente,

Ing. Raúl Navarrete.
METAL-MET USA, Corp.

METAL-MET USA, Corp

Miami, Septiembre 25 de 2009.

Sres. : **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (ESV)**

Atn. : Mario Flores

Tel. : (5)

Fax : (5)

De : Raúl Navarrete

Tel. : +1.305.500.9884

Fax : +1.305.500.9886

Ref. : OMNISCAN MX

Número de páginas enviadas: 03

Estimado Br. Flores:

Por medio de la presente le indicamos los precios de los equipos solicitados de nuestra compañía representada OLYMPUS NDT:

CANT.	DESCRIPCION	P.U. US\$.
1	Equipo OMNISCAN-MX de arreglo de fases, 16:128 y 1 canal de Ultrasonido, con adaptador, 1 batería, cable de ethernet, maletín de transporte pequeño, tarjeta compact flash de 2.0 GB, lectora de tarjeta, un CD ROM con Software del Omniscan.	52,020.00
2	Palpador angular para arreglo de fases modelo 5L64-A12 , tipo A12, 5.0MHz, 64 elementos, cable de 5.0 metros con conector tipo OM Zapatas trabajadas para acoplar en los diferentes diámetros externos de tuberías. (Si se va a utilizar un SCANNER se deben comprar las zapatas en pares)	8,905.00

2	SA12-N55S-IHC AOD 2.375"	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 2.875"	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 6.625"	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 10.750"	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 12.750"	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 8	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 20	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 24	1,012.00
2	SA12-N55S-IHC AOD 26	1,012.00
2	Palpador modelo 2.25L16-AWS , con cable de 5.0 metros.	5,775.00
2	Zapata modelo SAWS-N60S , con 60 grados.	440.00
1	Software MULTIGROUP para arreglo de fases	2,740.00
1	Software ESBEAM TOOL para configuración de inspecciones de soldaduras.	900.00
SCANNERS		
1	Escáner manual HSMT-FLEX para varios transductores para tuberías desde 4.5 pulgadas o más de diámetro externo. Soporta hasta 8 palpadores de UT convencional o de Phased array en tuberías mayores a 12" utilizando un holder opcional. Incluye un encoder de rueda waterproof, 4 brazos cargados con resortes, 4 yugos para palpadores UT PE/TOFD, 2 yugos para palpadores Phased array tipo SA1 y SA2, 4 ruedas magnéticas, 2 reglas para posicionamiento, barra de extensión para inspección de codo de tuberías y un maletín de transporte.	8,200.00
1	Cable UMBILICAL para scanners, para conexión de palpadores de PA y/o TOFD con 4 conectores LEMO. (E128P5-0202-OM)	4,260.00
1	Bomba de agua manual. Incluye válvula de flujo y tubería	700.00
1	Adaptador tipo Y con conector OMNISCAN para soportar 2 palpadores de PA. Se utiliza para poder usar dos palpadores PA simultáneamente y los scanners)	1,970.00
ACCESORIOS TOFD (Software y hardware opcional, si desean realizar ensayos de TOFD con el canal de UT que trae el módulo del OMNISCAN o con el scanner).		
1	Software para TOFD de adquisición y análisis para el Omniscan.	2,920.00
1	KIT de amplificador y cables TOFD.	3,938.00
2	Palpador modelo C543-SM, 5.0MHz, 0.25" de diámetro, conexión microdot. (Se deben comprar por parejas)	739.20
2	Zapata modelo ST1-45L-IHC para TOFD. (Se deben comprar por parejas)	320.00

2	Zapata modelo ST1-60L-IHC para TOFD. (Se deben comprar por parejas)	320.00
1	Kit de accesorios para el OmniScan, incluyendo: 1 batería extra, 1 cargador de baterías, 1 teclado externo, 1 mouse óptico	990.00
	OPCIONES DE SOFTWARE DE ANALISIS: (Solo hace falta uno)	
1	Software TomoView 2.7 versión completa para análisis y adquisición	14,580.00
1	Software TomoView 2.7 versión para análisis.	8,750.00
1	Software TomoView 2.7 LITE	3,820.00

Condiciones de Venta:

- Esta oferta es válida por treinta (30) días a partir de la fecha de emisión.
- Tiempo de entrega: Aproximadamente de cuatro (04) a seis (06) semanas luego de recibir su orden de compra, salvo imprevistos.
- Los precios se entienden en Dólares americanos por los equipos FOB Miami, Fl. USA. No incluye gastos de flete dentro ni fuera de USA.
- Forma de pago: Cien por ciento (100%) con la orden de compra, a través de transferencia bancaria en banco americano.
- Los equipos tienen garantía por un año contra defectos de fabricación y no por mal uso. Las bobinas, cables y equipos susceptibles a desgaste por uso, no están incluido en la garantía.
- Esta oferta la hace METAL-MET USA, Corp. A nombre de OLYMPUS NDT y queda sujeta a su aprobación final.

Cualquier información adicional que necesite no dude en comunicarse con nosotros.

Atentamente,

Ing. Raúl Navarrete.
METAL-MET USA, Corp.

METAL-MET USA, Corp

Miami, Septiembre 25 de 2009.

Sres. : **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. (ESV)**

Atn. : Mario Flores

Tel. : (5)

Fax : (5)

De : Raúl Navarrete

Tel. : +1.305.500.9884

Fax : +1.305.500.9886

Ref. : OMNISCAN M

Número de páginas enviadas: 02

Estimado Br. Flores:

Por medio de la presente le indicamos los precios de los equipos solicitados de nuestra compañía representada OLYMPUS NDT:

ITEM	DESCRIPCION	P.U. US\$.
1	Equipo detector de fallas por ultrasonido y PHASED ARRAY, OLYMPUS , modelo OMNISCAN-M , 16:16 y 1 canal de Ultrasonido, con adaptador, 1 batería, cable de ethernet, maletín de transporte pequeño, tarjeta compact flash de 2.0 GB, lectora de tarjeta, un CD ROM con Software del Omniscan. Maletín. Puede utilizar encoders de una línea, y AWS, API, DGS, JIS, ASME y DAC/TVG INCLUYE: ✓ Palpador angular para arreglo de fases tipo A1, 5.0MHz, 16	26,300.00

	<p>elementos, cable de 2.5 metros con conector tipo OM. MODELO 5L16-A10.</p> <p>✓ Zapata de 55 grados para arreglo de fases, MODELO SA10-N55S.</p> <p>✓ Software WELD.</p> <p>✓ Miniencoder.</p>	
--	--	--

Condiciones de Venta:

- Esta oferta es válida por treinta (30) días a partir de la fecha de emisión.
- Tiempo de entrega: Aproximadamente de cuatro (04) a seis (06) semanas luego de recibir su orden de compra, salvo imprevistos.
- Los precios se entienden en Dólares americanos por los equipos FOB Miami, Fl. USA. No incluye gastos de flete dentro ni fuera de USA.
- Forma de pago: Cien por ciento (100%) con la orden de compra, a través de transferencia bancaria en banco americano.
- Los equipos tienen garantía por un año contra defectos de fabricación y no por mal uso. Las bobinas, cables y equipos susceptibles a desgaste por uso, no están incluido en la garantía.
- Esta oferta la hace METAL-MET USA, Corp. A nombre de OLYMPUS NDT y queda sujeta a su aprobación final.

Cualquier información adicional que necesite no dude en comunicarse con nosotros.

Atentamente,

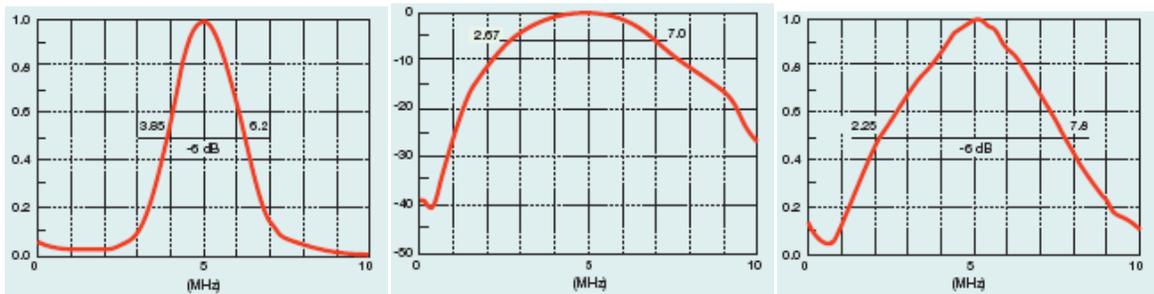
Ing. Raúl Navarrete.
METAL-MET USA, Corp.

TIPOS DE PALPADORES

Accuscan-S. Provee una excelente sensibilidad en las situaciones donde la resolución axial no es prioritaria, Típicamente esta serie tiene una forma de onda de mas larga duración y relativamente mas estrecho el ancho de banda.

Videoscan. Proveen un desarrollo con una onda altamente amortiguada; son la mejor opción donde se necesita buena resolución axial o resolución en largas distancias.

Centrascan. Proveen una excelente sensibilidad y una amplia señal en materiales difíciles de penetrar como lo son los plásticos u otros materiales de baja impedancia



Espectros de frecuencias para los palpadores de izquierda a derecha: Accuscan-s, Centrascan, Videoscan

PALPADORES DE TAMAÑO DE LA PUNTA DEL DEDO

Son de fácil agarre, útil para superficies de difícil acceso.



Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Dimensiones del Palpador (pulgadas)		Código Identificador del Palpador	Precio FOB MIAMI US(\$)
	MHz	Pulgadas	milímetros	(A)	(B)		
1	0.5	1.00	25	1.25	0.63	A101S-RM	455.40
1	1.0	0.75	19	1.00	0.63	A114S-RM	326.70
1	2.25	1.00	25	1.25	0.63	A104S-RM	336.60
1	3.5	0.75	19	1.00	0.63	A181S-RM	326.70
1	5.0	1.00	25	1.25	0.63	A107S-RM	326.70
1	7.5	0.50	13	0.70	0.63	A120S-RM	379.50
1	10	0.50	13	0.70	0.63	A111S-RM	379.50
1	15	0.25	6	0.35	0.42	A113S-RM	379.50

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

CONTACTO ESTANDAR.

Posee un mayor diámetro del elemento para incrementar la señal y tener una mayor cobertura, la forma provee un agarre mas fácil cuando se utilizan guantes.



Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Dimensiones del Palpador (pulgadas)			Código Identificador del Palpador	Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	mm.	(A)	(B)	(C)	VIDEOSCAN	US(\$)
1	0.1	1.50	38	1.75	2.50	2.50	V1011	2,399.10
1	0.25	1.50	38	1.75	2.50	2.50	V1012	2,399.10
1	0.5	1.00	25	1.25	1.60	1.25	V101-RB	490.60
1	1.0	0.50	13	0.63	1.16	1.25	V103-RB	369.60
1	2.25	0.50	13	0.63	1.16	1.25	V106-RB	356.40
1	3.5	0.50	13	0.63	1.16	1.25	V182-RB	369.60
1	5	0.50	13	0.63	1.16	1.25	V109-RB	356.40
1	7.5	0.50	13	0.63	1.16	1.25	V120-RB	414.70
1	10	0.50	13	0.63	1.16	1.25	V111-RB	414.70

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

PALPADORES DE ELEMENTO DUAL

Consiste en dos cristales albergados en el mismo estuche, un elemento es el transmisor y el otro es el receptor. Cuenta entre sus ventajas: Mejora la resolución cercana a la superficie, elimina la línea de retraso para altas temperaturas, se acopla bien en superficies ásperas o curvadas, combina la capacidad de penetración de un elemento de baja frecuencia con la capacidad de resolución cercana a la superficie de una de alta frecuencia.



Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Código Identificador del Palpador	Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	milímetros		US(\$)
1	1.0	0.50	13	DHC703-RM	365.20
1	5.0	0.50	13	DHC709-RM	365.20

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

CABLES PARA PALPADORES DUALES

Tiene un anillo metálico que extiende la vida útil del palpador

Cant.	Tipos de Conectores que Acopla	Código Identificador del Cable	Precio FOB MIAMI
			US(\$)
1	Dual BNC a Microdot	BCMD-316-5F	104.50

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

PALPADORES MINIATURA.

Están hechos en acero inoxidable 303, estos poseen un código de colores para diferenciarlos por frecuencia, son compatibles con las zapatas de corta aproximación y Accupath, Alta temperatura y de onda superficial.



Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Dimensiones del Palpador (pulgadas)			Código Identificador del Palpador	Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	mm.	(A)	(B)	(C)	ACCUSCAN-S	US(\$)
1	1.0	0.50	13	0.71	0.685	0.257	A539S-SM	320.10
1	2.25	0.50	13	0.71	0.685	0.257	A540S-SM	320.10
1	3.5	0.50	13	0.71	0.685	0.257	A545S-SM	320.10
1	5.0	0.50	13	0.71	0.685	0.257	A541S-SM	358.60
1	10.0	0.50	13	0.71	0.685	0.257	A547S-SM	369.60

Todos los modelos poseen rosca de 11/16"

Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Dimensiones del Palpador (pulgadas)			Código Identificador del Palpador	Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	mm.	(A)	(B)	(C)	VIDEOSCAN	US(\$)
1	1.0	0.50	13	0.71	0.685	0.257	V539-SM	386.10
1	2.25	0.25	6	0.44	0.55	0.22	V542-SM	369.60
1	3.5	0.25	6	0.44	0.55	0.22	V546-SM	369.60
1	5.0	0.25	6	0.44	0.55	0.22	V543-SM	369.60
1	10.0	0.25	6	0.44	0.55	0.22	V544-SM	452.10

•El modelo V539-SM tiene rosca de 11/16" el resto tiene rosca de 3/8"

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

ZAPATAS PARA PALPADORES MINIATURA:

De estas se tienen a disposición cinco diferentes variedades como son Accupath, De corta Aproximación, Alta Temperatura (hasta 260 °C), muy Alta Temperatura (hasta 480 °C), Onda Superficial (que manda una onda a un ángulo de 90°)

Zapatras de Corta Aproximación: Tiene una mínima superficie de contacto, corta distancia de aproximación que permite una aproximación mas cercana al punto de soldadura.

Zapatras Accupath: Tiene una pequeña superficie de contacto, apuntando hacia donde se desea permite el movimiento del palpador incluso cuando la punta de contacto de la zapata se encuentra tocando la soldadura.



Zapatras Accupath

Zapatras de Corta Aproximación

Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Código Identificador de las Zapatras para Palpadores Miniatura		Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	mm.	Corta Aproximación	Accupath	US(\$)
1	1-5	0.50	13	ABSA-5T-45°		48.40
1	1-5	0.50	13	ABSA-5T-60°		48.40
1	1-5	0.50	13	ABSA-5T-70°		48.40
1	1-5	0.25	6	ABSA-4T-45°		48.40
1	1-5	0.25	6	ABSA-4T-60°		48.40
1	1-5	0.50	13		ABWM-5T-30°	58.30
1	1-5	0.50	13		ABWM-5T-45°	58.30
1	1-5	0.50	13		ABWM-5T-60°	58.30
1	1-5	0.25	6		ABWM-4T-30°	58.30
1	1-5	0.25	6		ABWM-4T-45°	58.30
1	1-5	0.25	6		ABWM-4T-60°	58.30
1	10	0.50	13		ABWM-5ST-30°	58.30
1	10	0.50	13		ABWM-5ST-45°	58.30
1	10	0.50	13		ABWM-5ST-60°	58.30
1	10	0.25	6		ABWM-4ST-45°	58.30
1	10	0.25	6		ABWM-4ST-60°	58.30
1	10	0.25	6		ABWM-4ST-30°	58.30

•Zapatas de corta aproximación disponibles en (45,60,70)°

•Zapatas Accupath disponibles en (30,45,60,70)°

PALPADORES ANGULARES ESTANDAR Y ZAPATAS PARA ESTOS:

El mayor tamaño del elemento permite una inspección de componentes mas delgados y provee un mayor índice de escaneo, disponibles desde frecuencias de 0.5 MHz



Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Código Identificador del Palpador		Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	mm.	ACCUSCAN-S	VIDEOSCAN	US(\$)
1	1.0	0.50	13	A402S-SB		335.50
1	2.25	0.50	13	A404S-SB		335.50
1	3.5	0.50	13	A415S-SB		335.50
1	5.0	0.50	13	A406S-SB		335.50
1	1.0	0.50	13		V402-SB	389.40
1	2.25	0.50	13		V404-SB	372.90
1	5.0	0.50	13		V406-SB	372.90
1	0.5	1.0	25	A414S-SB		427.90
1	1.0	1.0	25	A407S-SB		335.50
1	2.25	1.0	25	A408S-SB		335.50
1	3.5	1.0	25	A411S-SB		335.50
1	5.0	1.0	25	A409S-SB		335.50

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

De estas se tienen a disposición cinco diferentes variedades como son Accupath, De corta Aproximación, Alta Temperatura (hasta 260 °C), muy Alta Temperatura (hasta 480 °C), Onda Superficial (que manda una onda a un ángulo de 90°)

Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Código Identificador de las Zapatras	Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	milímetros	Accupath	US(\$)
1	0.1	0.50	13	ABWS-1-30°	58.30
1	0.25	0.50	13	ABWS-1-45°	58.30
1	0.5	0.50	13	ABWS-1-60°	58.30

•El ultimo numero del código indica el ángulo con disponibilidad en (30,45,60,70)°

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

PALPADORES PARA SOLDADURA DE PUNTO

Conjunto del palpador para analizar las soldaduras por punto; el cual consta de: Palpador, Columna de Agua, Membrana o Palpador, Línea de retraso, Anillo retenedor de la línea de retraso.



Conjunto Armado



Palpador, Columna de Agua, Membrana retenedor



Palpador, Línea de retraso, Anillo

de la línea de retraso

Cant.	Frecuencia	Tamaño Nominal del Elemento		Código del Palpador	Código Columna de Agua	Código Línea de Retraso	Código Anillo Retenedor de la Línea de Retraso	Precio FOB MIAMI
	MHz	Pulgadas	mm.					US(\$)
1	15	0.098	2.5	V2325				853.88
1	20	0.098	2.5	V2425				853.88
						SWDL-25		32.18
							SWRR-1	25.99
					DLCW-1003			441.10

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

BLOQUES DE CALIBRACION



Cant.	Tipo	Material del Cual Esta Hecho El Bloque de Calibración	Descripción	Código Identificador del Bloque de Calibración	Precio FOB MIAMI
					US(\$)
1	Bloque bajo norma ASTM E164 Calibración tipo IIW	Acero 1018	Cumple con los requerimientos para bloques AWS tipo 1 y AASHTO. Muestra patrones para calibrar distancia y sensibilidad, Medir ángulo reflejado y sonido del punto de salida para palpadores angulares.(medidas en mm.)	TB1054-1	550.00
1		Acero 4340		TB1054-2	550.00
1		Aluminio 7075-T6		TB1054-4	550.00
1	Bloque bajo norma ASTM E164	Acero 1018	Bloque miniatura para señal angular (ROMPAS), distancia, ángulo reflejado, calibración de la sensibilidad (grosor de 1 pulgada)	TB7150-1	392.70
1		Aluminio 7075-T6		TB7150-4	392.70
1		Acero Inoxidable 304		TB7150-5	706.20
1	Bloque bajo norma ISO 7963	Acero 1018	Bloque miniatura para señal angular , distancia, ángulo reflejado, calibración de la sensibilidad (grosor de 25 milímetros)	TB1065-1	392.70

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

BLOQUES DE REFERENCIA:

Estos son recomendados según las normas ASTM. Se fabrican de acuerdo con los requerimientos físicos en sus dimensiones de acuerdo con las normas ASTM E127 y ASTM E428. Todos los bloques de referencia incluyen su respectiva curva de respuesta ultrasónica.



Bloques distancia-amplitud

Cant.	Tipo	Material del Cual Esta Hecho El Bloque de Referencia	Descripción	Código Identificador del Bloque de Referencia	Precio FOB MIAMI
			Medidas son en pulgadas		US(\$)
1	Patrones de Distancia-Área, Amplitud	Acero 4340	Cumple la norma ASTM E127 # 10 o la ASTM E428, el juego incluye las medidas desde 3/64 a 3", 5/64 a 1/8", 8/64 a 3", 1/4", 1/2", 3/4", 1 1/2", 3", 6". Este juego de bloques es usado para determinar la zona muerta, la sensibilidad, la distancia y la amplitud-área.	TB6100-2	2,319.90
1		Aluminio 7075-T6		TB6100-4	3,526.60
1	Patrones de Área-Amplitud	Acero 4340	Cumple la norma ASTM E127 # 8 o la ASTM E428 para patrones de amplitud-área, el juego consiste de agujeros de las medidas 1/64", 2/64", 3/64", 4/64", 5/64", 6/64", 7/64" y 8/64" de diámetro a 3". Este juego de bloques es usado para determinar la relación entre el tamaño del defecto y la amplitud del eco generado comparando la señal de respuesta.	TB6200-2	2,508.00
1		Aluminio 7075-T6		TB6200-4	3,919.30
1	Patrones de Distancia-Amplitud	Acero 4340	Cumple la norma ASTM E127 # 19 o la ASTM E428, para patrones de distancia-amplitud el juego consiste en una serie de agujeros iguales y las distancias entre ellos son de 1/16", 1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1", 1-1/4", 1-3/4", 2-1/4", 2-3/4", 3-1/4", 3-3/4", 4-1/4", 4-3/4", 5-1/4", 5-3/4". Este juego de bloques es usado para determinar la relación entre la distancia del metal y la amplitud de la señal comparando la respuesta de la señal obtenida.	TB6303-2	5,016.00
1		Aluminio 7075-T6		TB6303-4	6,583.00

- Todos los modelos incluyen estuche de madera
- Todos los equipos son marca OLYMPUS

BLOQUES DE CALIBRACIÓN DE ESPESORES:

Están hechos cumpliendo con la norma ASTM E 797



Cant.	Material del Cual Esta Hecho El Bloque de Calibración de Espesores	Altura de los Escalones	Código Identificador del Bloque de Calibración de Espesores	Precio FOB MIAMI
		milímetros		US(\$)
1	Acero Inoxidable 304	2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5.	2211M	366.30
1	Acero 1018	6.25, 12.5, 18.75, 25.	2212M	340.90
1	Aluminio 7075-T6	2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5.	2213M	335.93
1	Acero 1018	2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5.	2214M	260.70

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

ZAPATA DE ANGULO VARIABLE:



Cant.	Rango de Angulo de Incidencia	Código Identificador de la Zapata	Precio FOB MIAMI
			US(\$)
1	0° a 50°	ABWX-2001	379.50

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

Cant.	Rango de Angulo de Incidencia	Rango de Angulo de Refracción	Tamaño Nominal de Palpadores Angulares con los que es Compatible	Código Identificador de la Zapata	Precio FOB MIAMI
			Pulgadas		US(\$)
1	0° a 50°	0° a 90°	0.5	ABWX-2001	379.50

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

ACOPLANTES:

Cant.	Descripción	Volumen	Aplicaciones	Código Identificador del Acoplante	Precio FOB MIAMI US(\$)
1	Propilenglicol	2 oz. (0.06 litros)	Usos Múltiples para superficies suaves. Químicamente no es reactivo. No se evapora rápidamente. Máxima temperatura de funcionamiento recomendada es de 200 °F (90 °C)	A2	16.50
1		1 galón (3.78 litros)		AG	165.00
1	Glicerina	2 oz. (0.06 litros)	Usos Múltiples, mas viscoso y tiene una mayor impedancia acústica haciéndolo mejor para superficies ásperas y materiales de alta atenuación	B2	23.10
1		1 qt. (0.95 litros)		BQ	147.40
1	Aceite de Silicón	2 oz. (0.06 litros)	Usos Múltiples, no es corrosivo, no se evapora, es soluble en agua	C2	23.10
1	Tipo Gel	12 oz. (0.35 litros)	Uso para superficies ásperas, moldes de arena, fibra de vidrio, inspecciones de soldaduras, superficies de techo, paredes verticales.	D12	29.70
1		1 galón (3.78 litros)		DG	221.10
1		5 galones (18.90 litros)		D-5G	563.20
1	Ultratermal	2 oz. (0.06 litros)	Desde 500 °F hasta 1000 °F (260 °C hasta 540 °C)	E-2	92.40
1	Temperatura media	2 oz. (0.06 litros)	Desde 0 °F hasta 600 °F (-12 °C hasta 315 °C) Se remueve fácilmente a altas temperaturas, es biodegradable, no es toxico	G-2	49.50
1	Alta Presion	4 oz. (0.12 litros)	Incidencia normal a alta presión, no es toxico, soluble en agua, hecho de una sustancia orgánica de muy alta viscosidad.	SWC	62.70
1	Acoplante en polvo	1 galón (3.78 litros)	Desde 32 °F hasta 130 °F (0 °C hasta 54 °C) Acoplante a granel, Se modifica su viscosidad agregando diferentes cantidades de agua.	HP-G	61.60

•Todos los equipos son marca OLYMPUS

ANEXO D INSUMOS PARA PRUEBAS DE VIBRACION

Cant.	Marca	Modelo	Descripción	Código identificador Grainger	Precio CIF EL SALV US(\$)
1 Juego	Monarch Instrument	Examinador 1000	Incluye 1 Medidor de vibración accionado por baterías con capacidad de medir la aceleración con rango (0.01 a 19.99g) Frecuencia con rango (10 a 10000Hz), Velocidad con rango (0.1 a 199.9 mm/sec), medición de engranaje. 1 estetoscopio electrónico, 1 acelerómetro con cable, audífonos, 1 base magnética, 2 baterías AA, 1 estuche	6KX 53	1411.12
1 Juego	Extech Instrument	Medidor de Vibración para Trabajo Pesado	Incluye 1 Medidor de vibración con capacidad de medir la aceleración con rango (0.5 a 200 m/s) Frecuencia con rango (10 a 1000Hz), Velocidad con rango (0.5 a 200 mm/sec), desplazamiento (0.005 a 2 mm) todos estos con una precisión de $\pm 5\%$, 1 montura magnética, grabación de datos, 1 sensor de vibración remoto, 1 funda, 1 batería 9V, 1 estuche	1AEV9	1008.98

*Distribuidor Grainger El Salvador



Examinador 1000, Monarch Instrument



Medidor Trabajo Pesado, Extech Instrument

Cant.	Modelo	Componentes Adicionales	Descripción	Precio FOB ESPAÑA
				US(\$)
1 Juego	PCE-VT 2700		Incluye 1 Medidor de vibración accionado por baterías con capacidad de medir la aceleración con rango (0.01 a 400 m/s ²) Frecuencia con rango (10 a 1000 Hz), Velocidad con rango (0.1 a 400 mm/sec), Desplazamiento con rango (0.001 a 4000 mm), precisión de ±5%, interfaz de datos RS-232, 1 sensor de apoyo con un cable de 1.5m, 2 x 50 mm, 1 sensor de aguja, 1 base magnética, 4 baterías, 1 maletín e instrucciones de uso, peso de 240g.	672.45
1		VT-2700-SW	Software y cable de interfaz RS-232. Incluye 1 software para transmitir valores del vibrómetro a la pc. Estos valores de medición pueden ser enviados a su vez a otros programas, como MS Excel. 1 cable con el adaptador USB (incluido el driver).	83.42
1		Certificado de calibración ISO CAL-V-II	Certificado de calibración ISO. Calibración de laboratorio con hoja de datos y certificado según los estándares de la ISO 9000	493.70
1 Juego	PCE-VT 204		Incluye 1 Medidor de vibración/tacómetro accionado por baterías con capacidad de medir la aceleración con rango (0.5 a 199.9 m/s ²) Frecuencia con rango (10 a 1000 Hz), Velocidad con rango (0.5 a 199.9 mm/sec), precisión de ±5%, Desplazamiento con rango (0.005 a 1999 mm), 1 sensor de apoyo con un cable de 1.5 m, 2 x 50 mm, 1 sensor de aguja, 1 punta de medición (para función de tacómetro), 1 base magnética, 4 baterías 1.5 V AA, 1 maletín e instrucciones de uso, peso de 400g. (batería incluida).	842.69
		VT 204 SW con cable USB	Software y cable de interfaz USB. Incluye 1 software para transmitir valores del vibrómetro a la pc. Estos valores de medición pueden ser enviados a su vez a otros programas, como MS Excel. 1 cable con el adaptador USB (incluido el driver)	83.42
		Certificado de calibración ISO CAL-V-II	Certificado de calibración ISO. Calibración de laboratorio con hoja de datos y certificado según los estándares de la ISO 9000	493.70
	PCE-S 41		Incluye 1 Medidor de vibración accionado por baterías con capacidad de medir la Frecuencia con rango (100 a 10000 Hz), 1 auricular, volumen ajustable, 1 sensor de 0.70 mm., 1 sensor de 290 mm., 1 batería 9.0 V, 1 maletín e instrucciones, peso de 240g. (batería incluida).	168.54

	PCE VT 3000		Incluye 1 Medidor de vibración accionado por batería de iones de litio con capacidad de medir la aceleración con rango (0.1 a 392 m/s ²) Frecuencia con rango (10 a 10000 Hz), Velocidad con rango (0.01 a 80 cm/sec), precisión de ±5%, peso de 230 g., 1 sensor de aguja con un cable de 1.5 m, 1 sensor magnético, 1 cargador para la batería, 1 maletín e instrucciones de uso, peso de 230g..	1957.78
		Certificado de calibración ISO CAL-V-II	Certificado de calibración ISO. Calibración de laboratorio con hoja de datos y certificado según los estándares de la ISO 9000	493.70
		MT WEDGE PCE VT	Incluye 1 software para transmisión y elaboración valores a la pc, incluye cable de datos RS-232	221.32

•TIPO DE CAMBIO EURO/DOLAR (22/09/09) € 1.0 = \$ 1.4676

•Todos los Equipos en esta tabla son marca PCE Group Ibérica S.L.



El medidor de vibraciones es ideal para que se comprueben de forma rápida las vibraciones en piezas, máquinas e instalaciones. El medidor de vibraciones le muestra directamente en la pantalla la aceleración, la velocidad y el desplazamiento de vibración. Con este aparato puede detectar y efectuar un seguimiento del desequilibrio y las averías en cojinetes. El medidor de vibraciones se envía con sensores de aguja (2 x 50 mm) sensor de apoyo, base magnética, asidero y maletín. Tiene una interfaz RS-232 integrada que permite traspasar los datos del analizador de vibración directamente al ordenador. El aparato es también calibrable según la normativa ISO.

- Pequeño, de peso ligero
- De fácil manejo
- Vibrómetro ideal para mediciones realizadas por el técnico in situ
- Función Peak-Hold
- Carcasa de plástico ABS
- Pantalla LCD de 3 1/2 dígitos
- Indicación de batería baja
- Indicación Peak-Hold
- Certificado de calibración ISO opcional

Especificaciones técnicas

	Aceleración	0,1 ... 200,0 m/s ²
Rangos	Velocidad	0,1 ... 400,0 mm/s
	Desplazamiento	0,001 ... 4,000 mm
	Aceleración	0,1 m/s ²
Resolución	Velocidad	0,1 mm/s
	Desplazamiento	1 μm
	Aceleración	±5 %
Precisión	Velocidad	±5 %
	Desplazamiento	±5 %
Rango de frecuencia (para los 3 parámetros)		10 Hz ... 1 KHz
Pantalla		LCD de 3,5 dígitos / indica el último valor
Puerto		RS-232
Alimentación		4 x baterías 1,5 V AAA
Dimensiones		124 x 62 x 30 mm
Peso del medidor de vibraciones		240 g

Contenido el envío

Medidor de vibraciones PCE-VT 2700, 1 sensor de apoyo con un cable de 1,5 m, 2 x 50 mm sensor de aguja, 1 peana magnética, 4 baterías, 1 maletín, instrucciones de uso



Detecta:

- Desplazamiento, velocidad y aceleración de vibración
- Revoluciones (óptica y por contacto)

Dispone:

- Memoria para 1.000 valores
- Pantalla LCD de 15 mm
- Indicación de batería baja
- Interfaz RS-232
- Función Mín / Máx / Data-Hold
- Sensor con punta de aguja, sensor plano, peana magnética adaptable, rueda para detectar revoluciones, sensor óptico para la medición de revoluciones

Especificaciones técnicas		
Vibración		
Rango	Aceleración	0,5 ... 199,9 m/s ²
	Velocidad	0,5 ... 199,9 mm/s
	Variación	0,005 ... 1,999 mm
Resolución	Aceleración	0,1 m/s ²
	Velocidad	0,1 mm/s
	Variación	0,001 mm
Precisión	Aceleración	±5 % ±2 dígitos
	Velocidad	±5 % ±2 dígitos
	Variación	±5 % ±2 dígitos
Rango de frecuencia		10 Hz ... 1 KHz
Revoluciones		
Rangos de medición	Revoluciones (óptico)	10 ... 99999 r.p.m.
	Revoluciones (por contacto)	0,5 ... 19999 r.p.m.
	Velocidad	0,05 ... 1999 m/min
Resolución		0,1 r.p.m. (<1000 r.p.m.); 1 r.p.m. (>1000 r.p.m.); 0,01 m/min (<100 m/min) 0,1 m/min (>100 r.p.m.)
Precisión		±0,05 % del valor de medición ±1 dígito
Distancia de medición		50 ... 1500 mm (según la superficie)
Propiedades generales		
Memoria interna		1000 valores
Puerto RS-232		sí
Pantalla		LCD
Alimentación		4 x baterías de 1,5 V AA
Dimensiones		188 x 76 x 47 mm
Condiciones ambientales de uso		0 ... +50 °C / <80 % Humedad Relativa
Peso		400 g
Carcasa		plástico

Contenido del envío

Medidor de vibraciones PCE-VT 204, 1 sensor de apoyo con 1,5 m de cable, 1 sensor de aguja de 50 mm, 1 base magnética, 1 cono de medición (punta de medición y cono para las funciones de tacómetro), 1 banda reflectante (600 mm), 1 maletín, 4 baterías, instrucciones de uso.



PCE-VT S 41

Este medidor de vibración funciona con baterías y es muy manejable. Este medidor de vibración puede ser usado para detectar ruidos en máquinas, como por ejemplo: en rodamientos, válvulas en ventiladores, bombas, etc. Esto convierte al medidor de vibración en una herramienta óptima para la supervisión de ruidos y vibraciones, dando al responsable del mantenimiento la posibilidad de reconocer las fuentes de error antes que surja una avería en máquinas o instalaciones (prevención y conservación). La carcasa del medidor de vibración es de plástico ABS, y se ha tenido en cuenta en el diseño el manejo cómodo. El aparato funciona con un transductor piezoeléctrico, que detecta incluso los ruidos más bajos. El auricular del medidor de vibración está equipado con dos orejeras ajustables, que está conectado con un cable de 2 m. Use también usted el medidor de vibración en su empresa.

Especificaciones técnicas

Rango de frecuencia	100 Hz...10 kHz
Volumen	ajustable
Alimentación	1 baterías 9 V
Carcasa	Plástico ABS
Temperatura ambiente	-10 ... +55 °C
Dimensiones	206 x 50 x 32 mm
Sensor de aguja (acoplable)	1 x 290 mm ; 1 x 70 mm (longitud)
Material del sensor	acero
Peso	240 g, batería incluida

Contenido del envío

- 1 medidor de vibración PCE-S 41
- 1 auriculares
- 1 sensor de 70 mm
- 1 sensor de 290 mm
- 1 batería
- 1 maletín



PCE VT 3000

Medidor de vibración ofrece una manera rápida de medir la aceleración y la velocidad de oscilación para comprobar vibraciones en máquinas y componentes. Una ventaja especial del medidor de vibración consiste en la posibilidad de guardar los valores de medición en el aparato de manera directa. Por medio del cable de datos para el PC opcional podrá realizar la transmisión de datos del medidor de vibración a un PC o laptop y si así lo desea, realizar una valoración de los mismos. Los valores de medición se pueden transmitir a otros programas como por ejemplo Microsoft Excel. Puede solicitar de modo opcional diferentes sensores de medición como por ejemplo: el sensor de aguja extralargo.

- Analiza aceleración, velocidad, vía de vibración, velocidad de giro y frecuencia.
- Memoria interna de valores para 1800 valores (en 25 grupos de 72 valores cada uno).
- Tres modos de indicación:
- Modo especial: muestra valores pico de aceleración, velocidades de giro en RMS, variación de valor pico simultánea.
- Modo común: muestra sólo uno de los parámetros descritos anteriormente en cifras de gran tamaño.
- Modo espectro: muestra el espectro.
- Barras de estado en la pantalla con función de alarma y aviso.
- Ajuste de fecha y hora.
- Desconexión automática para proteger el acumulador (ajuste libre del tiempo).
- Pantalla LCD con iluminación de fondo.
- Gran rango de frecuencia.
- Análisis automático de los valores máximos del espectro medido.
- Interfaz de datos.
- Software e impresora opcionales.

Especificaciones técnicas

Rangos de medición

Rango de aceleración	0,1 m/s ² ... 392 m/s ² (Peak); (39,95 g force)
Rango de velocidad	0,01 cm/s ... 80 cm/s (RMS)
Rango de variación	0,001 mm ... 10 mm (Peak - Peak)

Rangos de frecuencia

Rango de aceleración	10 Hz ... 200 Hz, 10 Hz ... 500 Hz 10 Hz ... 1 kHz, 10 Hz ... 10 kHz
Rango de velocidad	10 Hz ... 1 kHz
Rango de variación	10 Hz ... 500 Hz

Características generales

Resolución	0,25 Hz
Precisión	± 5 %
Interfaz de datos	RS-232
Software y cable de datos	componentes opcionales
Alimentación	acumulador recargable de iones LI (incluido) una carga es suficiente para 20 h de medición
Condiciones ambientales	0 ... + 40 °C / < 80 % H. r.
Dimensiones	171 x 78,5 x 28 mm
Peso	aprox. 230 g con acumulador

Contenido del envío

1 medidor de vibración PCE-VT 3000, sensor de medición (sensor de aguja con asidero y cable de 1,5 m), sensor magnético, registrador de medición adaptable (se puede utilizar también con el sensor magnético), acumulador interno recargable, cargador para el acumulador, instrucciones y maletín.

ANEXO E INSUMOS PARA PRUEBAS DE CORRIENTES PARASITAS

Cant.	Modelo	Accesorios modelo	Descripción Equipos Corrientes Parásitas	Precio FOB MIAMI US(\$)
1	NORTEC 500S		1 Equipo que realiza inspecciones de base por corrientes parásitas (Foucault) con frecuencia simple e incluye salidas externas, siendo capaz de medir la conductividad digital y el espesor del recubrimiento, además de soportar escáneres de rotación.	8310.0
2	NORTEC 500D		1 Equipo que realiza inspecciones de base por corrientes parásitas (Foucault) con frecuencia simple e incluye salidas externas, siendo capaz de medir la conductividad digital y el espesor del recubrimiento, soporta escáneres de rotación, además de una frecuencia doble.	9465.5
3	NORTEC 2000D+		Ofrece una banda de frecuencias de 50 Hz a 12 MHz para toda una serie de aplicaciones, Con su frecuencia simple o doble, una conductividad digital de fácil utilización y un soporte para escáner giratorio.	11544.0

Todos los equipos son marca OLYMPUS



NORTEC serie 500

El Nortec® 500, la línea de detectores de defectos por corrientes de Foucault más reciente presentada por Olympus NDT, incorpora toda una gama de características: bobinas de compensación interna, conector de salida VGA (para presentador frontal -HUD-, monitores y proyectores) y una interfaz USB para lograr una rápida transferencia de información. El Nortec® 500 incluye también el *software* PowerLink™ que permite el reconocimiento automático de la sonda y la configuración del programa.

El Nortec® 500, superior a los modelos anteriores por corrientes de Foucault de Nortec®, viene en tres configuraciones. Cada configuración incluye conectividad digital y mayor resolución con ruido reducido. Las bobinas de compensación interna permiten la utilización de sondas absolutas de bajo costo sin la necesidad de adaptadores externos de bobinas de compensación. Un preamplificador incorporado ofrece una ganancia adicional para inspecciones difíciles. La salida VGA permite el uso de un presentador frontal

HUD (opcional), posibilitando, así, una operación manos libres. Un dispositivo a distancia (opcional) ofrece la ventaja de reiniciar la sonda y de borrar la pantalla del instrumento desde la sonda.

Cuando el peso es un aspecto importante, una pila más liviana reduce el peso del instrumento a 1,2 kg, manteniendo al mismo tiempo una pantalla y resolución completamente VGA.

El Nortec® 500 realiza inspecciones de base por corrientes de Foucault con frecuencia simple e incluye salidas externas.

El Nortec® 500C integra todas las características del Nortec® 500, siendo, además, capaz de medir la conductividad digital y el espesor del recubrimiento.

El Nortec® 500S incorpora todas las características del Nortec® 500C, además de soportar escáneres de rotación.

El Nortec® 500D integra todas las características del Nortec® 500S, además de una frecuencia doble.

Características	500	500C	500S	500D
Frecuencia simple	✓	✓	✓	✓
Conductividad digital		✓	✓	✓
Medición del espesor del recubrimiento		✓	✓	✓
Uso de escáneres de rotación			✓	✓
Visualización en pantalla dividida			✓	✓
Frecuencia doble				✓

ESPECIFICACIONES DEL NORTEC 500, 500C, 500S AND 500D* FUNCIONES DE BASE

Banda de la frecuencia: 50 Hz a 12 MHz.

Ganancia: 0 dB a 90 dB en incrementos de 0,1. Las ganancias horizontales y verticales pueden ser ajustadas por separado o simultáneamente.

Rotación: Variable entre 0° y 359°, en incrementos de 1°.

Barrido: Variable entre 0,005 y 4 segundos por división.

Filtro paso bajo: 10 Hz a 500 Hz y banda ancha.

Filtro paso alto: Apagado, de 2 Hz a 500 Hz, respuesta bipolar.

Preamplificador incorporado: 5X (14 dB) ganancia adicional.

Excitación de la sonda: 2, 6 y 12 V.

Persistencia variable: 0,1 a 5 segundos.

Tipo de sondas: Absoluta o diferencial en modo puente o reflexión. Este instrumento es totalmente compatible con las sondas Nortec® con tecnología PowerLink™.

Alarmas: Posibilidad de accionamiento positivo o negativo, por polaridad o por barrido.

Modos de alarma: 1 a 3 alarmas tipo caja, polares, de barrido, de la conductividad y del espesor del recubrimiento.

Almacenamiento de trazados: Se pueden almacenar y consultar 20 trazados estáticos o congelados y contener hasta 60 segundos de movimiento. Cada trazado es almacenado con la fecha y hora de captura.

Almacenamiento de programas: Se pueden almacenar y consultar 120 programas de configuración con la fecha y hora respectiva.

Impresión: Posibilidad de imprimir informes personalizados, con los datos visualizados en pantalla y los parámetros de sonda con su respectivo número de serie (para sondas PowerLink™ solamente).

ENTRADAS / SALIDAS

Alimentación: Conector de 2 pines para cargar la pila interna y utilizar el equipo con corriente alterna.

Puerto USB: Permite establecer la comunicación con computadoras e impresoras.

Conector de sonda: LEMO y BNC de 16 pines.

Salidas analógicas: Salidas horizontales y verticales de F1 y F2, ± 5 V, 1 V por división (cuatro salidas).

Salidas de alarma: Conector de salida de alarma y conector analógico de 15 pines.

Salida VGA: Conector de 15 pines.

INFORMACIÓN GENERAL

Dimensiones: 216 mm x 140 mm x 61 mm.

Peso: 1,2 kg a 1,7 kg, según la configuración.

Pantalla: 133 mm x 99 mm, 165 mm en diagonal (5,25" x 3,9"; 6,5" en diagonal).

Completamente VGA de cristal líquido (640 x 480 píxeles).

Temperatura de operación: -10 °C a $+55$ °C, según la configuración.

Temperatura de almacenamiento: -51 °C a $+71$ °C, según la configuración.

Humedad: 5% a 95%.

Clasificación: Basada en las especificaciones Clase 2 del manual MIL-PRF-28800F.

Altitud máxima: 4600 m, sea en funcionamiento o apagado.

Operación en áreas peligrosas: Funcionamiento en condiciones de seguridad definidas en la clase I, división 2, grupo D del NFPA 70 (*National Fire Protection Association Code*), sección 500 y verificado según el método 511.4, procedimiento 1 del MIL-STD-810F.

FUENTE DE ENERGÍA

Alimentación: 85 V a 240 V, 50–60 Hz. La pila puede cargarse al interior del equipo o con un cargador externo. La duración media de la carga es de 4 horas.

Pilas disponibles: Li-ion de 2,4 Ah o de 8,8 Ah.

Protección en caso de pila baja: Indicador del nivel aproximado de carga de la pila. Una señal indica cuando quedan aproximadamente unos 10 minutos de operación.

Duración de la pila: 3 a 8 horas nominal, según la configuración y la utilización del escáner.

CONDUCTIVIDAD

(Nortec 500C, 500S y Nortec 500D solamente)

Banda de frecuencia: 60 kHz o 480 kHz.

Especificaciones de la conductividad digital: Visualización digital de la conductividad de 0,9% a 110% IACS o de 0,5MS/m a 64 MS/m. Precisión de $\pm 0,5\%$ IACS para valores entre 0,9% y 65% IACS y de $\pm 1,0\%$ IACS para valores superiores a 62%. Cumple o supera las especificaciones BAC 5651.

Espesor de recubrimientos no conductores: Puede medir el espesor de un recubrimiento no conductor de 0 mm a 0,38 mm (0" a 0,015"). Precisión de $\pm 0,025$ mm entre 0 mm a 0,38 mm.
ESCÁNERES

(Nortec 500S y Nortec 500D solamente)

Compatibilidad de escáner: Funciona con todos los escáneres Nortec, al igual que con muchos otros escáneres disponibles comercialmente.

Visualización en cascada: Almacena hasta 60 barridos por orificio y permite visualizar en pantalla la distancia entre el defecto y el punto de inicio de la inspección (sólo con el escáner NORTEC PS-5).

FRECUENCIA DOBLE

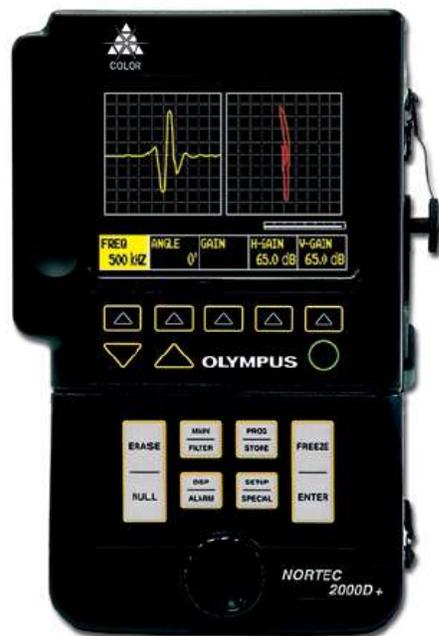
(Nortec 500 solamente)

Banda de la frecuencia: 50 Hz a 12 MHz.

Segunda frecuencia: 25 Hz a 6 MHz. La segunda frecuencia es una división exacta de la primera en proporciones de 1/2 ($F1 < 6$ MHz), 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32.

Pantalla: Frecuencia 1 (F1) solamente, Frecuencia 2 (F2) solamente, suma de F1 y F2, diferencia entre F1 y F2, pantalla dividida con combinaciones seleccionadas de F1 y F2 y frecuencias mixtas.

Filtro paso alto: Disponible sólo para F1.



NORTEC serie 2000

El Nortec 2000D+ ofrece una banda de frecuencias de 50 Hz a 12 MHz para toda una serie de aplicaciones, desde la detección de fisuras en tubos o estructuras, hasta fallas minúsculas en materiales aeronáuticos. Con su frecuencia simple o doble, una conductividad digital de fácil utilización y un soporte para escáner giratorio, es el instrumento ideal para numerosas aplicaciones de ensayos no destructivos en aeronáutica.

Las visualizaciones intercambiables por el usuario ofrecen una excelente visibilidad bajo toda condición de iluminación. La salida VGA permite establecer la conexión con un presentador frontal —HUD— (facilitando así la inspección en condiciones de difícil acceso), con un

monitor grande de escritorio o con un proyector de video para salas de capacitación. Con menos de 1,8 kg y una caja de diseño robusto conforme a las especificaciones FOD (*foreign object debris*, restos de objetos extraños), el Nortec 2000D+ resiste a condiciones difíciles *in situ* o en ambientes de producción. Un mango de inclinación regulable y un protector antideslizante permiten colocarlo sobre prácticamente cualquier superficie.

El Nortec 2000D+ incorpora nuestro software PowerLink™, único en su tipo, que permite el reconocimiento automático de la sonda conectada y su documentación. Es posible configurar el equipo mediante el programa almacenado en el chip PowerLink™, lográndose así integridad y repetibilidad de los resultados de las inspecciones. Es posible almacenar y consultar hasta 120 programas. La fecha y la hora, almacenadas con cada configuración, se identifican fácilmente mediante un conjunto de caracteres alfanuméricos (hasta un máximo de 29). La memoria está provista de 20 espacios para almacenar visualizaciones de pantallas de corrientes de Foucault.

Especificaciones del nortec 2000D+

FUNCIONES DE BASE

Banda de la frecuencia: 50 Hz a 12 MHz.

Ganancia: De 0 dB a 90 dB en incrementos de 0,1. Las ganancias horizontales y verticales pueden ser ajustadas por separado o simultáneamente.

Rotación: Variable de 0° a 359°.

Barrido: Variable de 0,005 a 4 segundos por división.

Filtro paso bajo: De 10 Hz a 500 Hz y banda ancha.

Filtro paso alto: Desactivado, de 2 Hz a 500 Hz, respuesta bipolar.

Excitación de la sonda: 2, 6 y 12 voltios.

Persistencia variable: La persistencia en la pantalla varía de 0,1 a 5 segundos.

Tipos de sonda: Absoluta o diferencial en configuraciones de puente o de reflexión. Este instrumento es totalmente compatible con las sondas Nortec® PowerLink™.

Alarmas: Posibilidad de accionamiento positivo o negativo.

Modos de alarma: De 1 a 3 zonas rectangulares, polares, de barrido, de conductividad y de espesor de recubrimiento.

Almacenamiento de trazados: Se pueden almacenar y consultar 20 trazados estáticos o congelados y contener hasta 60 segundos de movimiento. Cada trazado es almacenado con la fecha y hora en la que fue capturado.

Almacenamiento de programas: Se pueden almacenar y consultar 120 programas de configuración con la fecha y hora respectiva.

Impresión: Posibilidad de imprimir informes personalizados con los datos visualizados en pantalla y los parámetros de sonda con su respectivo número de serie (para sondas PowerLink™ solamente).

Impresora: Cualquier impresora serie.

ENTRADAS / SALIDAS

Alimentación: Conector de 7 pines para cargar la pila interna o para utilizar el equipo con corriente alterna.

RS-232: Conector DB-9P, datos en serie bidireccionales a través del RS-232.

Conector de sonda: Conector LEMO® de 16 pines.

Salidas analógicas: Salidas horizontales y verticales de F1 y F2, ± 5 voltios, 1 voltio por división.

Salidas de alarma: Conector de salida de alarma y conector analógico de 9 pines.

Salida VGA.

INFORMACIÓN GENERAL

Dimensiones: 215 mm x 165 mm x 92 mm.

Peso: 1,7 kg con la pila.

Pantalla: Pantalla QVGA intercambiable (320 x 240 píxeles), LCD en color o monocromo o ELD de alta intensidad.

Temperatura de operación: -10 °C a +55 °C, según la configuración.

Temperatura de almacenamiento: De -51 °C a +71 °C, según la configuración.

Humedad: De 5% a 95%.

Clasificación: Basada en las especificaciones Clase 2 del manual MIL-PRF-28800F.

Altitud máxima: 4 600 m, sea en funcionamiento o apagado.

Operación en áreas peligrosas: Funcionamiento en condiciones de seguridad definidas en la clase I, división 2, grupo D del Código de la asociación nacional de protección contra incendios -NFPA 70- (NFPA, *National Fire Protection Association Code*), sección 500 y verificado según el procedimiento 1, método 511.4 del MILSTD- 810F.

FUENTE DE ENERGÍA

Alimentación: De 85 a 240 voltios, 50 a 60 Hz. Un soporte externo carga la pila fuera del aparato. Tiempo de recarga de aproximadamente 4 horas.

Protección en caso de pila baja: Indicador del nivel aproximado de carga de la pila.

Duración de la pila: 8 horas (duración nominal, según la configuración).

CONDUCTIVIDAD

Frecuencia: 60 kHz o 480 kHz.

Tipo de sonda: Sonda de conductividad NORTEC.

Especificaciones de la conductividad digital: Visualización de la conductividad digital de 0,9% a 110% IACS o de 0,5 a 64 MS/m. Precisión de $\pm 0,5\%$ IACS para valores entre 0,9% y 65% IACS y de $\pm 1,0\%$ IACS para valores superiores a 62%. Cumple o supera las especificaciones BAC 5651.

Espesor de los recubrimientos no conductores:

Puede medir el espesor de un recubrimiento no conductor de 0 mm a 0,38 mm. Precisión de $\pm 0,025$ mm, dentro de la gama de 0 mm a 0,38 mm.

ESCÁNERES

Compatibilidad de escáner: Funciona con todos los escáneres NORTEC y los demás escáneres disponibles comercialmente.

Visualización en cascada: Almacena hasta 60 barridos por orificio y permite visualizar en pantalla la distancia entre la falla y el punto de inicio del barrido (sólo con el escáner NORTEC PS-5).

FRECUENCIA DOBLE

Extensión de la frecuencia: 50 Hz a 12 MHz.

Segunda frecuencia: De 50 Hz a 3 MHz, la segunda frecuencia es una división exacta de la primera en proporciones de 1/2 ($F1 < 6$ MHz), 1/4 y divisores pares hasta 1/32.

Visualización: Frecuencia 1 (F1) solamente, frecuencia 2 (F2) solamente, suma de F1 y F2, diferencia entre F1 y F2, pantalla dividida con combinaciones seleccionadas de F1 y F2 y frecuencias mixtas.

Filtro paso alto: Disponible sólo en frecuencia 1 (F1).

ANEXO F INSUMOS PARA PRUEBAS DE PARTICULAS MAGNETICAS

MAGNAFLUX®



# Corr.	Modelo	Contenido	Descripcion	Código Identificador Grainger	Precio FOB MIAMI US(\$)
1	Y-6	Juego	Incluye 1 maleta, 1 yugo Y-6 de 220VAC, 1 lb. de polvo rojo 8-A, 1 lb. de polvo gris, 1 paño limpiador, 1plumon marcador de metales, 3 toallas limpiadoras de manos, 1 manual de instrucciones, 1 pera para aplicar polvo	3WU65	747.00
2		Juego inspeccion fluorescente	Incluye 2 latas de material magnetico flurescente, 1 lampara de luz ultra- violeta, 1 marcador, paños limpiadores.	6KX50	787.00
Todos los equipos son marca MAGNAFLUX				TOTAL	1534.0

Cant.	Modelo	Accesorios modelo	Descripcion	Precio FOB MIAMI US(\$)
3	TIEDE BWM-110/12		KIT de Yugo magnético de corriente alterna marca TIEDE modelo BWM 110/12 , para AC y DC, el cual incluye: Transformador para 12V, Polos articulados, 1 Lámpara de luz negra enfocada con transformador, 1 Maletín de transporte para integrar yugo y lámpara, 1 Pieza con defectos, Lata de 1 litro de FLUOFLUX para diluir en agua hasta 50 litros de solución de partículas magnéticas vía húmeda. Color Verde-amarillo, con aditivos, 1 Spray manual	3900.0
4		FSM-2	Medidor de campo magnético	2500.0
5			Standard para FSM-2	450.0
Todos los equipos son marca TIEDE			TOTAL	6850.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	P/U US\$
1	KIT de Yugo magnético de corriente alterna marca TIEDE modelo BWM 110/12 , para AC y DC, el cual incluye:	3,900.00
2		
3	Transformador para 12V.	
4	Polos articulados.	
5	Lámpara de luz negra, enfocada, con transformador.	
6	Maletín de transporte para integrar yugo y lámpara.	
7	Pieza con defectos.	
8	Lata de 1 litro de FLUOFLUX para diluir en agua hasta 50 litros de solución de partículas magnéticas vía húmeda. Color Verde-amarillo, con aditivos.	
	Spray manual	
9	ACCESORIOS OPCIONALES	2,500.00
10	Medidor de campo magnético modelo FSM-2	450.00
	Standard para FSM-2	

ANEXO G PROPIEDADES ACUSTICAS DE LOS MATERIALES

PROPIEDADES ACUSTICAS DE LOS MATERIALES					
Material	Velocidad Longitudinal		Velocidad		Impedancia Acustica
	Pulg/μs	m/μs	Pulg/μs	m/μs	Kg/m²s x 10⁶
Resina Acrílica (Perspex)	0.107	2.730	0.056	1.430	3.22
Aluminio	0.249	6.320	0.123	3.130	17.06
Berilio	0.508	12.900	0.350	8.880	23.5
Bronce naval	0.174	4.430	0.083	2.120	37.30
Cadmio	0.109	2.780	0.059	1.500	24.02
Columbio	0.194	4,920	0.083	2,100	42.16
Cobre	0.183	4,660	0.089	2,260	41.61
Glicerina	0.076	1,920	—	—	2.42
Oro	0.128	3,240	0.047	1,200	62.60
Inconel	0.29	5,820	0.119	3,020	49.47
Hierro	0.232	5,900	0.127	3,230	45.43
Fundición de Hierro (lenta)	0.138	3,500	0.087	2,200	25.00
Fundición de Hierro (Rápida)	0.220	5,600	0.126	3,220	40.00
Plomo	0.085	2,160	0.028	700	24.49
Manganeso	0.183	4,660	0.093	2,350	34.44
Mercurio	0.057	1,450	—	—	19.66
Molibdeno	0.246	6,250	0.132	3,350	63.75
Aceite de Motor (SAE 20 o 30)	0.069	1,740	—	—	1.51
Níquel	0.222	5,630	0.117	2,960	49.99
Platino	0.156	3,960	0.066	1,670	84.74
Poliamida (nylon,Perlon)					
(lenta)	0.087	2,200	0.043	1,100	.40
(Rápida)	0.102	2,600	0.047	1,200	3.10
Poliestireno	0.092	2,340	—	—	2.47
Cloruro de Polivinilo PVC	0.094	2,395	0.042	1,060	3.35
Plata	0.142	3,600	0.063	1,590	37.76
Acero 1020	0.232	5,890	0.128	3,240	45.63
Acero 4340	0.230	5,850	0.128	3,240	45.63
Acero 302	0.223	5,660	0.123	3,120	45.45
Acero Inoxidable Austenitico 347	0.226	5,740	0.122	3,090	45.40
Estaño Inoxidable Austenitico	0.131	3,320	0.066	1,670	24.20
Titanio Ti 150A	0.240	6,100	0.123	3,120	27.69
Tungsteno	0.204	5,180	0.113	2,870	99.72
Uranio	0.133	3,370	0.078	1,980	63.02
Agua (20 °C)	0.058	1,480	—	—	1.48
Zinc	0.164	4,170	0.095	2,410	29.61
Zirconio	0.183	4,650	0.089	2,250	30.13

Factor de conversión: 1 m/s = 3.937 x 10⁴ Pulg/μs



ANEXO H COSTOS DE TRANSPORTE

San Salvador 01 de febrero de 2010

Señores
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Ing. Juan Antonio Flores Diaz
Presente.-

A continuación le presentamos tarifas para el envío de su mercadería desde Miami hacia El Salvador.

1. CARGA AEREA (ENTREGA DE 1-2 DIAS, Hábiles)

Flete	US \$ 0.40 / Lb (Cargo Mínimo \$ 150.00)Mínimos aplican de 1 a 150 lbs.
Full Surcharge	US \$ 0.40 / Lb (Cargo Mínimo \$ 30.00)
Security Fee	US \$ 0.08 / Lb (Cargo Mínimo \$ 25.00)
Documentación AWB	US \$ 30.00

Hora de corte para recibir Instrucciones: Las instrucciones deben de ser recibidas a más tardar a las 12:00 PM (Hora Miami EST).
Horario de recepción de carga en Miami: Lunes a Viernes: 9:00AM-6:00PM (Hora Miami EST).

2. CARGA MARITIMA (8 A 10 DIAS, calendario, DESDE EL ZARPE DEL BARCO).

Flete	US \$ 0.08 / Lb (Cargo Mínimo US \$ 225.00) US \$1.60 / CFT (Cargo minimo US \$225.00)
Bunker Surcharge	US \$ 0.04 / Lb (Cargo Mínimo US 30.00) US \$0.30 / CFT (Cargo minimo US 30.00)
B/L y SED	US\$ 60.00
Security	US\$ 40.00
Carga peligrosa:	US \$250.00
SALIDAS:	Viernes de cada semana
Hora de corte para recibir instrucciones:	Las instrucciones y TODA la documentación requerida debe ser <u>entregada antes de las 12:00PM del miércoles</u> anterior al zarpe.
Horario de recepción de carga en Miami:	Lunes a Viernes: 9:00AM-6:00PM (Hora Miami EST).

SERVICIOS OPCIONALES:

Pick Up	US \$ 0.03 / Lb (Cargo Mínimo US \$ 30.00)
Entrega a Domicilio Local y Entrega En Bodega CPS Logistics	US \$ 0.025 / Cargo Mínimo US \$45.00
Seguro	1.0 % sobre valor FOB }
TRAMITE ADUANAL	\$80 + IVA (Entrega hasta sus bodegas)

NOTA GENERALES:

- Los anteriores precios **NO incluyen IVA, Cargos de Almacenaje Fiscal**, ni los **Derechos de Importación que dependen del valor de su mercadería.**
- Si el volumen fuera mayor que el peso real, se aplicará la tarifa al volumen.
- El volumen y peso pueden variar si fuera necesario paletizar su mercadería. Se solicitara autorización previamente.

Para agilizar sus embarques es necesario que instruya a sus proveedores para que consigne la mercadería de la siguiente manera:

CPS MIAMI
10914 NW 33rd. STREET, SUITE 115.
Miami Florida 33172
Phone: (305) 594 – 7675, FAX (305) 594 - 8579
Contacto: Guillermo Salomón

Para cualquier información adicional no dude en comunicarse con nosotros.
Atentamente,

Irene Elizabeth Funes
Customer Service Agent
PBX 2208-3565
FAX 2208-3536
Email: ifunes@cpsworldwide.com

BIBLIOGRAFÍA

- (1) E 165-02 Examinación por líquidos penetrantes
 - (2) www.magnaflux.com
 - (3) E 433-71 Referencia fotográfica de inspección de líquidos penetrantes
 - (4) E 1135-97 Método para comparar la brillantez de penetrantes fluorescentes
 - (5) E 1417-99 práctica estándar para líquido penetrante
 - (6) E 2297-04 Uso de recursos y medidores de luz visible y ultravioleta en pruebas de líquidos penetrantes y partículas magnéticas
 - (7) E 1213-97 Mínimo de resolución de diferencial de temperatura para sistemas de imágenes térmicas
 - (8) E 1311-89 Mínimo de diferencial de temperatura detectable para sistemas de imágenes térmicas
 - (9) E 1543-00 Ruido equivalente de diferencia de temperatura para sistemas de imágenes térmicas
 - (10) E 1934-99a Examinación de equipos eléctricos y mecánicos con termografía infrarroja
 - (11) www.flir.com
 - (12) E 114-95 pulso ultrasónico por método de contacto
 - (13) E 650-97 Guía de montaje para sensores piezoeléctricos de emisión acústica
 - E 1065-99 Guía para evaluar las características de las unidades de búsqueda ultrasónica
 - E 2192-02 Midiendo la altura para defectos planares por ultrasonido
 - 9- E 566-99 Corrientes parásitas para metales ferrosos
 - E 709-01 Examinación de prueba partículas magnéticas
 - E 1444-01 Práctica estándar prueba partículas magnéticas
 - Non Destructive testing Handbook. 2º Edition
- <http://www.sensonics.co.uk/VibBook001.pdf>
 - <http://www.engr.sjsu.edu/bjfurman/courses/ME120/me120pdf/VibrationMeasurement.pdf>
 - <http://www.point-source.com/VibrationMeasurement.asp>
 - <http://www.vmiab.com/index.htm>
 - <http://www.navcon.com/PSV.htm>

- ISO Standards Handbook - Vibration and Shock, Vol. 1, Second edition, 1995
- Bloch, H.P. and Geitner, F.K. "Machinery Failure Analysis and Troubleshooting", Gulf Publishing Company, 1990
- Wowk, Victor. "Machinery Vibration", ed. McGraw-Hill, Inc, 1991

Estupiñan, Edgar - Saavedra, Pedro “tecnicas de diagnostico para el analisis de vibraciones de rodamientos” Universidad de Concepción departamento de ingeniería mecánica, CHILE.

10-“Laboratorio de Pruebas No Destructivas”.

UPIICSA-IPN, Academia de Laboratorio de Control de Calidad, México D.F., 2002.

Autor Ing. Iván Escalona Consultor Logística.