

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION AUTOMATICA DE DISCONTINUIDADES EN JUNTAS SOLDADAS A TOPE MEDIANTE LA INSPECCION POR TECNICA DE ULTRASONIDO

Tutor: Prof. Deimian Pereira

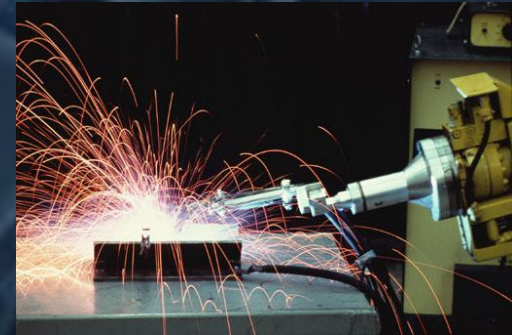
**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Hermoso G. César E.,
Cortés, Mauricio
para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Noviembre, 2001

INTRODUCCION

- **Planteamiento del Problema**

- Objetivo General
- Objetivos Específicos



INTRODUCCION

- Planteamiento del Problema
- **Objetivo General**
- Objetivos Específicos



INTRODUCCION

- Planteamiento del Problema
- Objetivo General
- Objetivos Específicos
 - Evaluación de los patrones.
 - Establecer los posibles parámetros y características de estudio.
 - Seleccionar los parámetros óptimos.
 - Establecer el criterio de comparación.
 - De ser factible la clasificación de defectos, diseñar un Software que automatice el proceso.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES



SOLDADURA



E . N . D



**PROCESAMIENTO
DE SEÑALES**



**RECONOCIMIENTO
DE PATRONES**

SOLDADURA

DEFINICION

TIPOS DE SOLDADURA

- Unión por Fusión
- Unión por Resistencia Eléctrica
- Enlace en Fase Sólida
- Enlace en Fase Sólida-Líquida



SOLDADURA

JUNTA SOLDADA A TOPE



DEFECTOS ESTRUCTURALES EN LA SOLDADURA

- Porosidad
- Inclusiones de Escoria
- Falta de Fusión
- Falta de Penetración
- Grietas

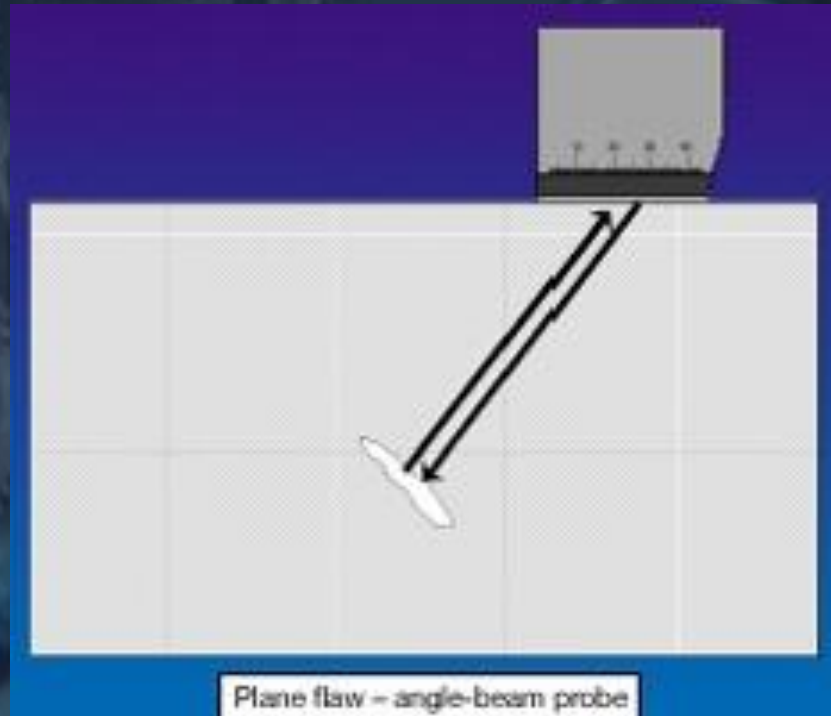


ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- DEFINICIÓN
- HERRAMIENTAS
- VENTAJAS DEL ULTRASONIDO



ENSAYOS POR ULTRASONIDO

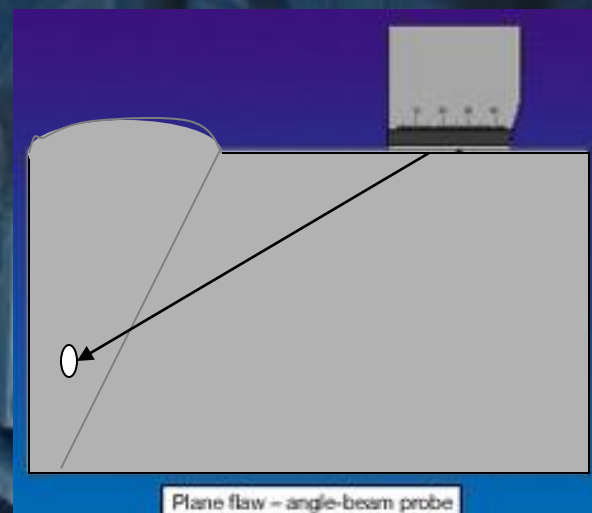


ENSAYOS POR ULTRASONIDO

METODOS

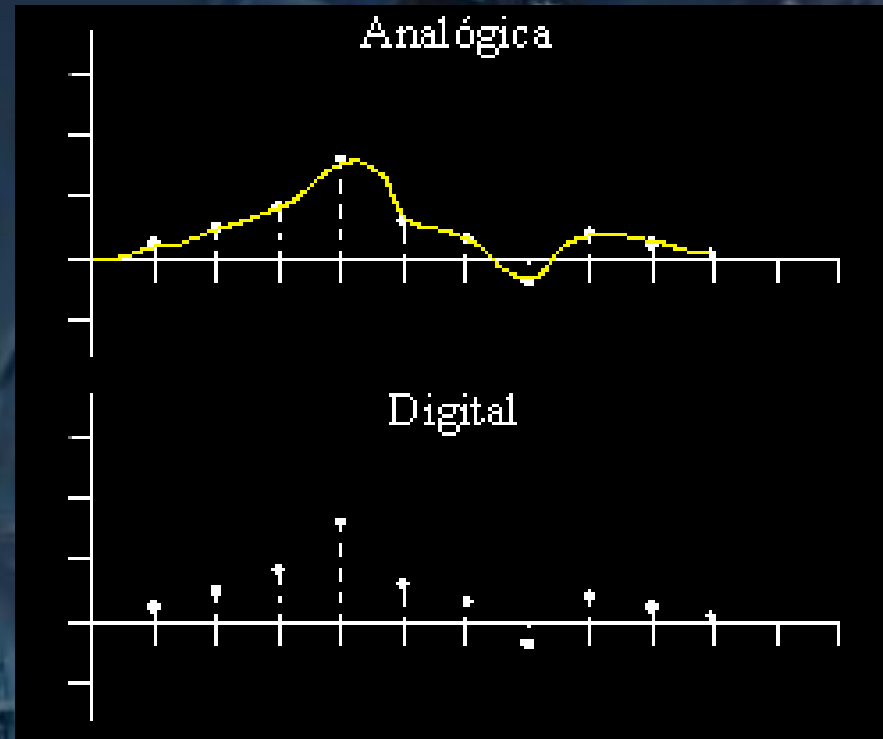
- TRANSMISIÓN
- PULSO-ECO

TECNICAS



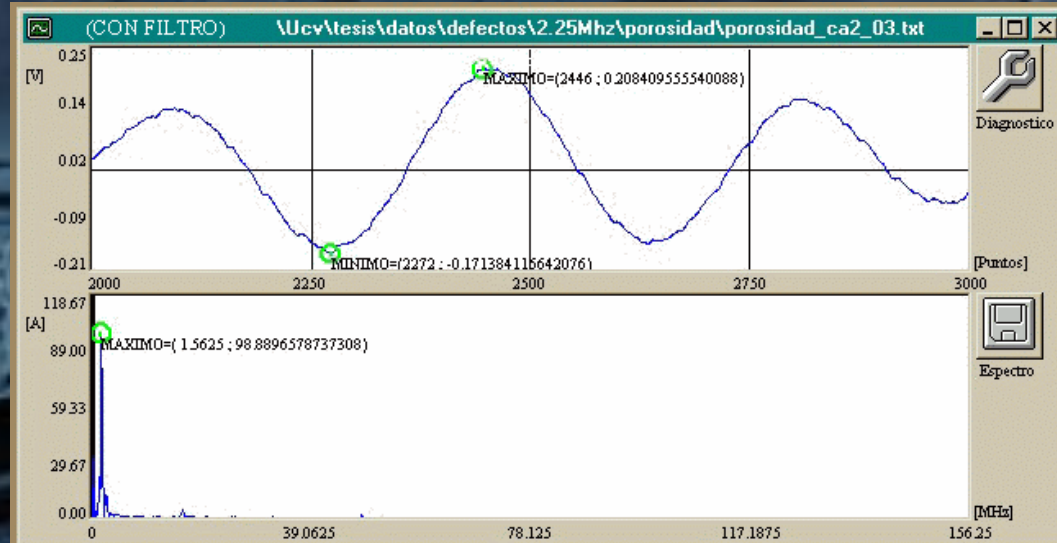
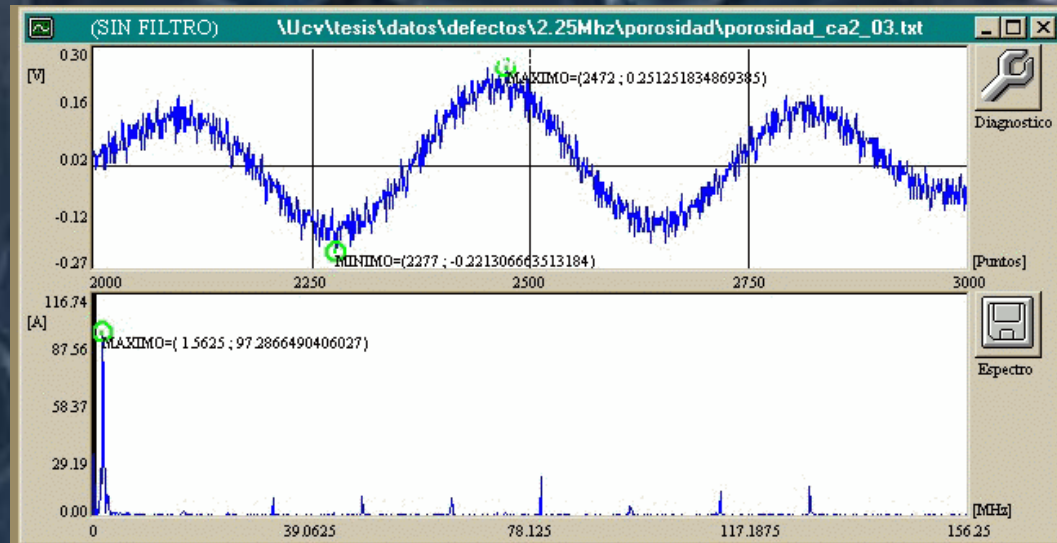
PROCESAMIENTO DE SEÑALES

- SEÑALES.
- PROCESAMIENTO.
- TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER.
- ESPECTRO DE FRECUENCIA.



PROCESAMIENTO DE SEÑALES

- SEÑALES.
- PROCESAMIENTO.
- TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER.
- ESPECTRO DE FRECUENCIA.



PROCESAMIENTO DE SEÑALES

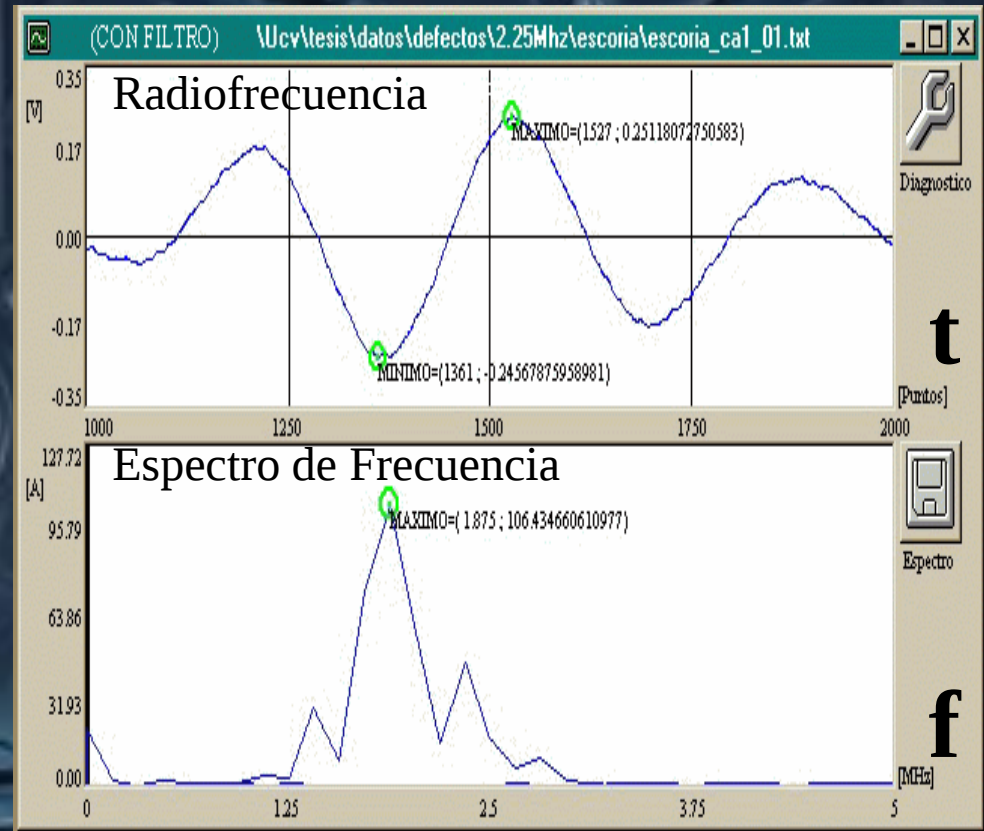
- SEÑALES.
- PROCESAMIENTO.
- TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER.**
- ESPECTRO DE FRECUENCIA.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kn}$$

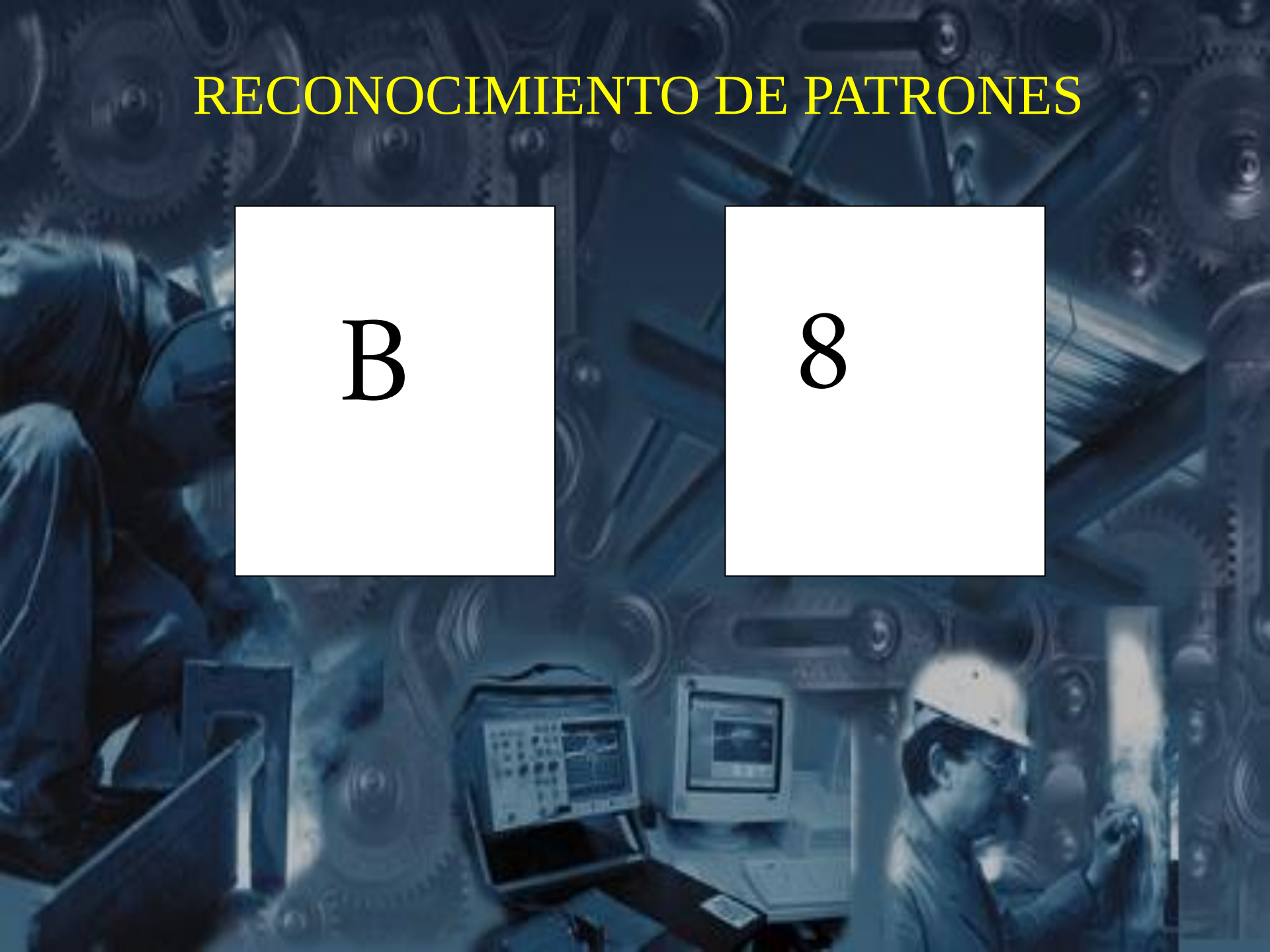
$$W_N = e^{-j(2\pi/N)}$$

PROCESAMIENTO DE SEÑALES

- SEÑALES.
- PROCESAMIENTO.
- TRANSFORMADA DISCRETA DE FOURIER.
- ESPECTRO DE FRECUENCIA.



RECONOCIMIENTO DE PATRONES

The background of the slide is a dark, blue-toned image. It features a complex arrangement of large, interlocking gears, suggesting a mechanical or industrial theme. In the lower right portion, there is a faint image of a person wearing a hard hat and safety glasses, working on a piece of machinery. The overall aesthetic is technical and industrial.

B

8

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

The background of the slide is a dark, blue-toned industrial scene. It features large, interlocking gears and mechanical components. In the lower-left, a worker in a hard hat and safety glasses is working on a machine. In the lower-right, another worker in a hard hat is visible, seemingly working on a different part of the machinery. The overall atmosphere is technical and industrial.

**SELECCIÓN DE
CARACTERISTICAS**



**DESARROLLO DEL
CLASIFICADOR**

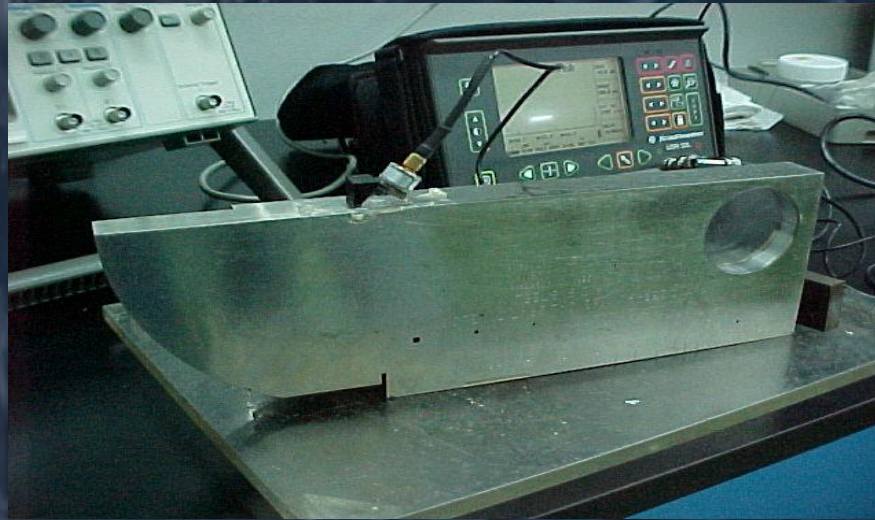


**VALIDACION DE
RESULTADOS**

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO
- RECOLECCIÓN DE DATOS
- PROCESAMIENTO DE SEÑALES
- SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS
- COMPROBACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE LA CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS
- DISEÑO DEL SOFTWARE - CLASIFICADOR

INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO



ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE AN AMERICAN NATIONAL STANDARD - SEC.5 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.



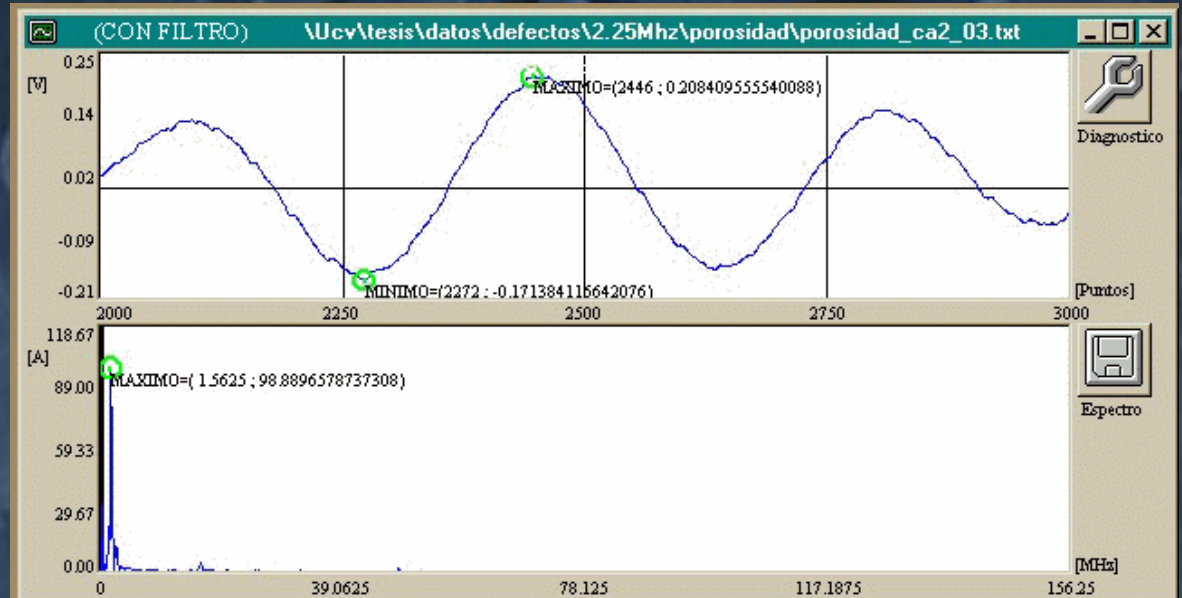
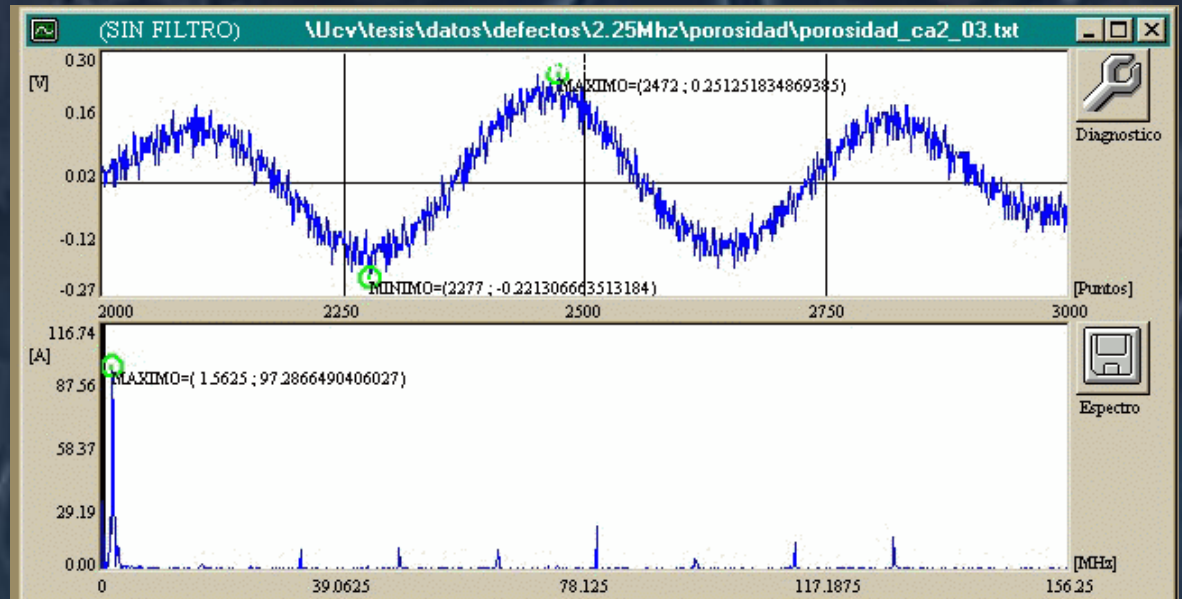
E - EP - FP - FFP - FFR - P - G - FFB

RECOLECCIÓN DE DATOS



PROCESAMIENTO DE SEÑALES

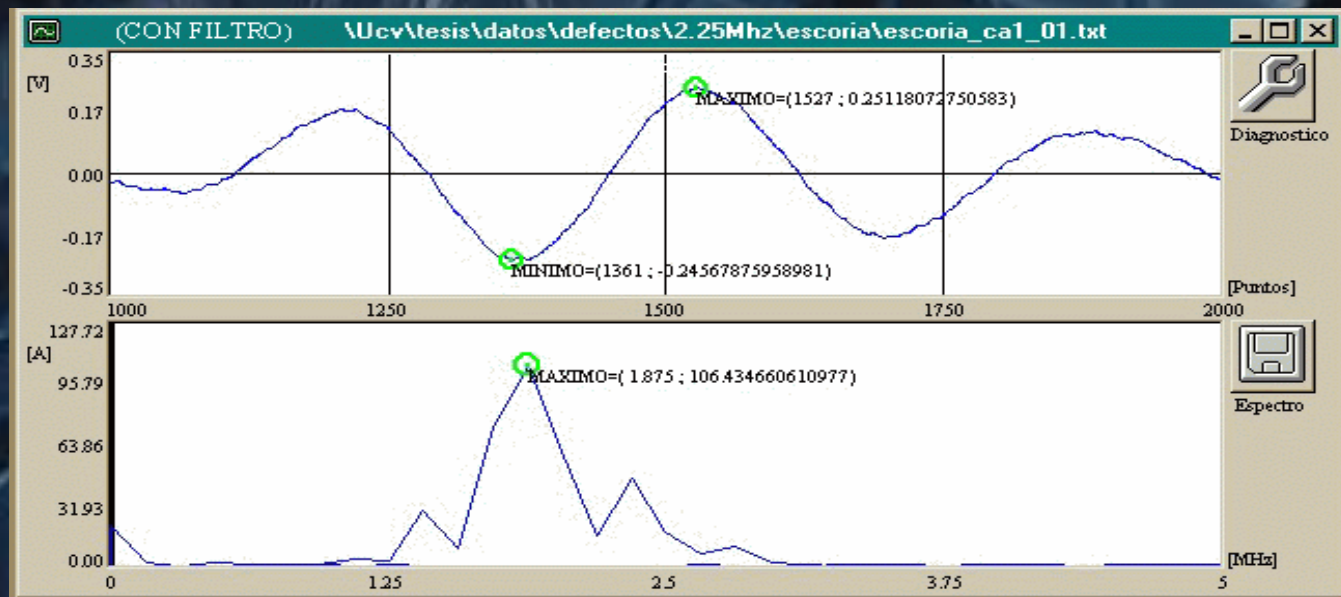
- PREPARAR DATOS
- APLICAR FILTROS
- CALCULO DE LA FFT



SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

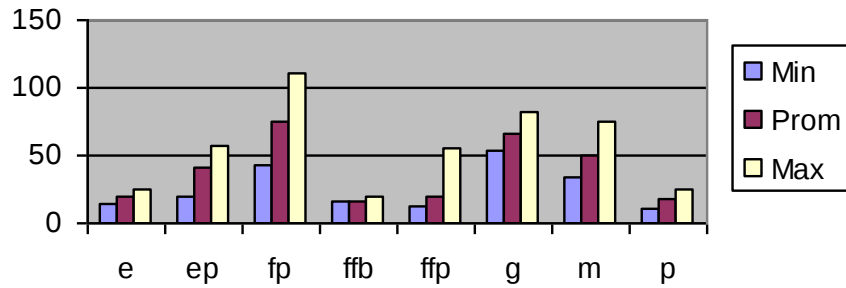
Las características estudiadas fueron:

- Amplitud de la Señal de Radiofrecuencia.
- Máximo de Señal.
- Mínimo de Señal.
- Máximo Espectro.
- Energía.
- Frecuencia Fundamental.
- Momento de 2º orden de Espectro.
- Número de Picos en Espectro.

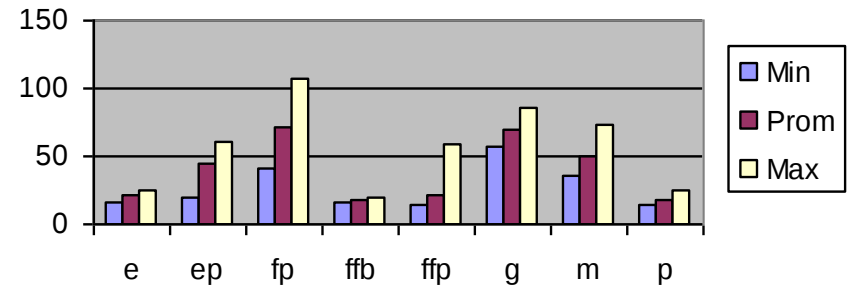


RESULTADOS

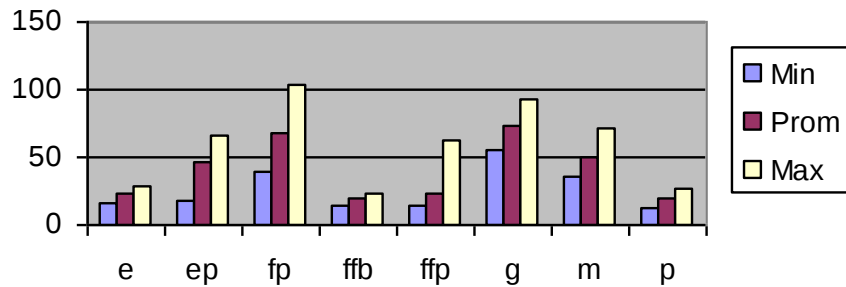
Max Señal



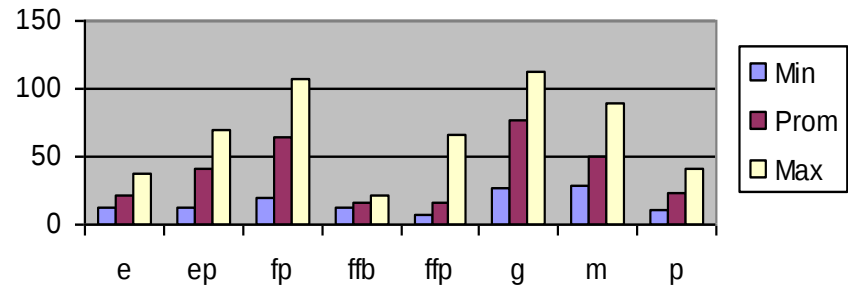
Delta



Min Señal

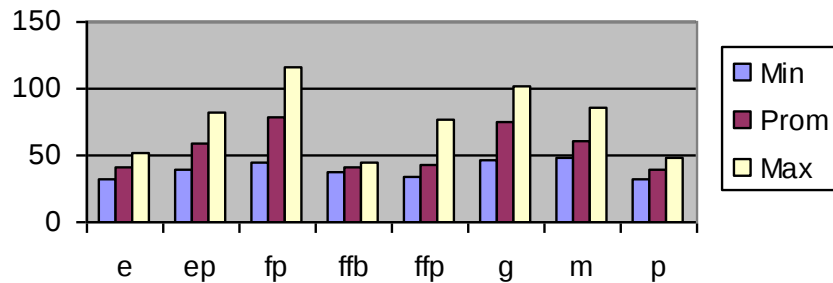


Max Espectro

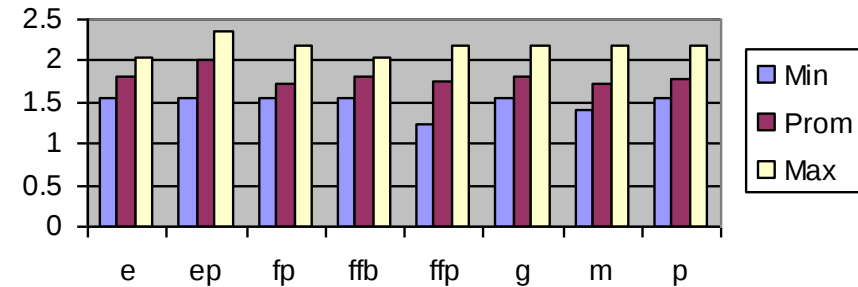


RESULTADOS

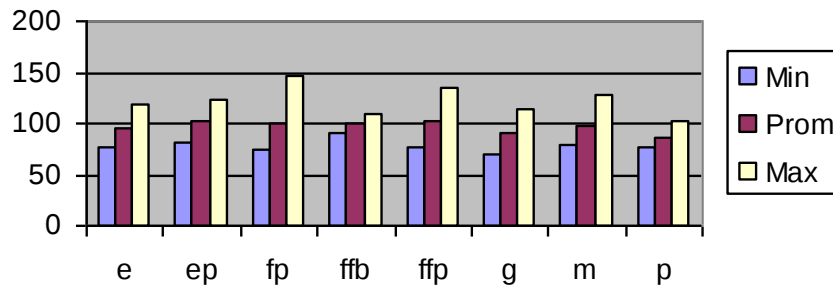
Energia



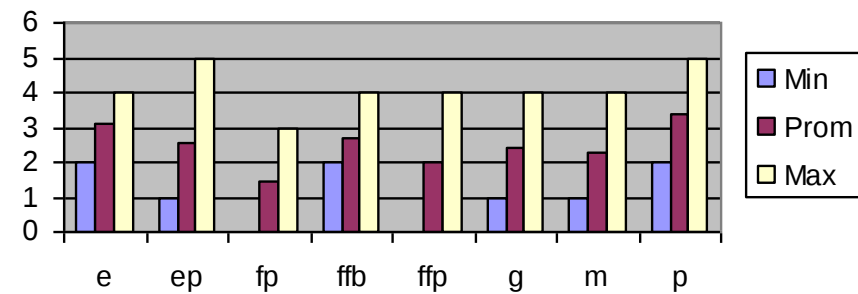
Frecuencia Fundamental



Momento de 2º orden

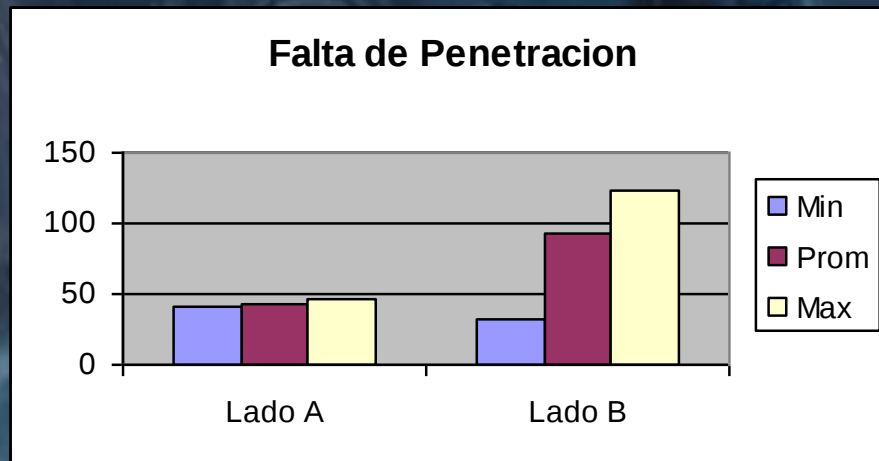


Numero de Picos (Espectro)



RESULTADOS

Debido a la notable desviación observada entre los valores correspondientes a ambos lados del cordón de soldadura para el defecto Falta de Penetración, y ya que el clasificador trabaja con los valores superior, inferior y promedio, se tomó la decisión de separar los datos correspondientes a dichas señales para lograr una mejor caracterización



RESULTADOS

Las características escogidas para realizar la identificación de defectos fueron:

- **Delta Amplitud.**
- **La Energía Espectral.**
- **El Número de Picos del Espectro.**



RESULTADOS

BASE DE DATOS

	A[%]	B[%]	C[%]	C'[%]	D[%]	E[%]	F[%]	G[%]	H[%]
Min. Delta	13.04	16.83	39.13	92.97	12.92	10.84	56.11	33.89	12.69
Prom. Delta	17.75	41.76	42.09	100	14.64	15.96	69.83	48.14	15.96
Máx. Delta	22.07	59.71	44.5	107.05	16.33	20.09	84.8	72.13	22.67
Min. Energía	12.49	16.47	27.92	64.64	14.59	11.07	27.76	26.59	14.49
Prom. Energí	18.19	39.51	36.9	97.95	16.14	16.89	65.27	42.39	20.45
Máx. Energía	28.96	70.16	57.48	116.4	17.37	24.76	98.68	77.7	29.02
Min. # Picos	2	1	0	1	2	0	1	1	2
Prom. # Pico	3.1	2.55	1.4	1.5	2.7	2	2.4	2.3	3.4
Máx. # Picos	4	5	3	2	4	4	4	4	5

A= Escoria.

B= Exceso de Penetración.

C= Falta de Penetración 1.

C'= Falta de Penetración 2.

D= Falta de Fusión en Bisel.

E= Falta de Fusión entre Pases.

F= Grieta.

G= Falta de Fusión en la Raíz.

H= Porosidad.

RESULTADOS DEL CLASIFICADOR

GRUPO 1	GRUPO 2
Escoria	Exceso de Penetración
Falta de Fusión en Bisel	Falta de Penetración
Porosidad	Grieta
	Falta de Fusión en la Raíz

Falta de Fusión entre Pases

DISEÑO DEL SOFTWARE



RESULTADOS DEL SOFTWARE - CLASIFICADOR

(Pertenencia de las Muestras No-Controladas en las Clases Definidas)

Defecto	Numero de muestras Clasificadas para una Tolerancia 0%	Numero de muestras Clasificadas para una Tolerancia 10%
Escoria	9	9
Exceso de Penetración	6	8
Falta de Penetración	6	8
Falta de Fusión en Bisel	8	9
Falta de Fusión entre Pases	6	7
Falta de Fusión en la Raíz	4	6
Poros	9	10
Grieta	5	7

CONCLUSIONES

- Al concluir nuestro trabajo de grado se cumplieron todos los objetivos específicos, pudiendo desarrollar un software que sirve de herramienta para la caracterización de discontinuidades de soldaduras a tope.
- Se comprobó la factibilidad de identificar y clasificar discontinuidades mediante características dependientes de la energía, ya que se observó que los defectos se comportan como filtros de la misma.
- El uso de las técnicas de procesamiento de señales basadas en el algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier demostró ser una herramienta matemática de gran utilidad, que permitió obtener los espectros de frecuencia de la data experimental de señales de Radiofrecuencia.
- Se observó que el uso de la distancia Euclídea o Cartesiana, a pesar de su simplicidad, arrojó buenos resultados como criterio de comparación. Sin embargo, se recomienda la exploración de otros métodos y su comparación mediante muestras controladas.
- Se obtuvo una efectividad de hasta 75% en las muestras estudiadas, es decir, en la mayoría de los casos el software es capaz de descartar seis posibilidades de un total de ocho, reduciendo la incertidumbre a dos tipos de defectos o discontinuidades.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la búsqueda de otras características y la aplicación de otros métodos de procesamiento de señales que diferencien aun más las discontinuidades, para así lograr una clasificación más efectiva.
- Recomendamos la ampliación de la base de datos con valores característicos de los defectos para distintos espesores, ya que si bien el comportamiento de las características asociadas a cada clase de discontinuidad se mantiene, dichos valores dependen del espesor y la composición del acero debido a las leyes que rigen la propagación de una onda ultrasónica en un medio sólido.
- Se recomienda el estudio de los defectos variando los parámetros de la inspección ultrasónica, es decir, variar el ángulo de la zapata y la frecuencia del palpador.
- Se recomienda aprovechar el potencial del software desarrollado para aumentar el número de defectos posibles de identificar, así como perfeccionar los algoritmos de clasificación utilizados.

The background is a blue-toned collage of industrial imagery. It features large, interlocking gears, a worker in a hard hat on the left, and a control room with two computer monitors and another worker in a hard hat on the right. The overall theme is industrial and technical.

GRACIAS POR SU ATENCION