

T. UES
1504
F954a
L999
Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA.

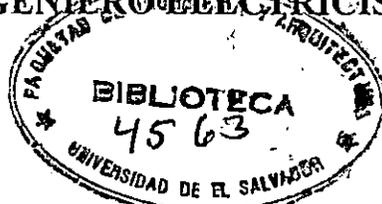


**“Acondicionamiento y Actualizacion de un Sistema de Rayos-X,
marca Phillips, modelo PW173”**

PRESENTADO POR

FRANCISCO MARTIN FUENTES
MARIO ERNESTO MARTINEZ FLORES

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA



CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 1999.

Rec. 22 de febrero 1999

15101249
15101249

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. JOSE BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL:

LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO a.i:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUIN HERNANDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

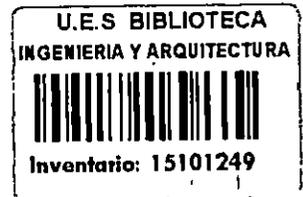
DIRECTOR:

ING. JOSE ROBERTO RAMOS LOPEZ



SECRETARIO:

ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNANDEZ



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**

TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

**“Acondicionamiento y Actualizacion de un Sistema de Rayos-X, marca
Phillips, modelo PW173”**

PRESENTADO POR:

**FRANCISCO MARTIN FUENTES
MARIO ERNESTO MARTINEZ FLORES**

APROBADO POR:

COORDINADOR:

ING. NUMA POMPILIO JIMENEZ



ASESOR:

ING. LUIS RAMON PORTILLO

San Salvador, febrero de 1999.

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR Y ASESOR:



ING. NUMA POMPILIO JIMENEZ



ASESOR:



ING. LUIS RAMON PORTILLO

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 11 de febrero de 1999 en el local de Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a catorce horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

- 1- Ing. José Roberto Ramos López
Director
- 2- Ing. Gerardo Márvin Jorge Hernández
Secretario



Firma

Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas siguientes:

- 1- Ing. José Rafael Avelar
- 2- Ing. Numa Pompilio Jiménez

Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

"Acondicionamiento y Actualización de un Sistema de Rayos-X, marca Phillips, modelo PW173"

A cargo de los Bachilleres:

MARTINEZ FLORES, MARIO ERNESTO
FUENTES, FRANCISCO MARTIN

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 8.7
(OCHO PUNTO SIETE)

DEDICATORIA

A ti Señor, por la vida que me has regalado, por este logro que te pertenece. Es tuyo el mérito así como la gloria. Gracias Señor por enseñarme de tu amor, por llenar mi vida de personas maravillosas a quienes jamás podré pagar su amor, su apoyo y confianza.

A mi madre María Cristina, que me enseñó lo que es amar, a mi tía Alicia cuyo esfuerzo ha abonado mi camino, a mi hermana Silvia Ester por su confianza.

Francisco.

DEDICATORIA

Dedico este logro a la Santísima Virgen María, por interceder ante mí a Dios Todopoderoso brindandome un poco de su sabiduría e inteligencia y permitirme culminar mi carrera, por darme una familia unida que siempre me dió su apoyo y confianza para seguir adelante, por rodearme de personas que para bien o mal con sus comentarios o acciones encausaron mis esfuerzos por continuar con mi labor. Y hago un especial reconocimiento a mi madre Alcía Gladys por su amor y comprensión, a mis hermanos Ricardo Antonio y Carlos José por brindarme siempre su apoyo, a mi hermana Susana Virginia por sus tan notables comentarios.

Mario Ernesto.

PROLOGO

El objetivo principal de este trabajo de graduación, es poder aplicar los conocimientos adquiridos en nuestra formación como ingenieros electricistas, en la solución de un problema real de ingeniería. Tal es el caso de acondicionar y actualizar un equipo de difracción de rayos X, donado por CEL al Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares (CIAN); el cual al igual que muchos equipos en nuestro país, con el paso del tiempo no ofrecen las facilidades de control computarizado que los equipos modernos poseen, sin dejar a un lado que muchas veces los equipos antiguos siguen funcionando bajo los mismo principios físicos que los más modernos. Esto ha representado un reto grande, ya que el trabajar sobre un campo que emplee el fenómeno de la difracción, como una aplicación de los rayos X y conjugar éste fenómeno con el conocimiento de la electrónica y programación de computadoras, para obtener al final un producto actualizado, no es sencillo.

El plantear una solución nos condujo primero por averiguar el principio básico de operación del Sistema de difracción de rayos X PW1730, tales como: La producción y detección de los rayos X, la ley de Bragg y el procesamiento de señales. Posteriormente, después de analizar las condiciones actuales y realizar una evaluación de puesta en marcha del sistema, se determinó que el sistema no era operativo en su totalidad. Por lo tanto, se elaboró un plan de reparación antes de abordar la verdadera tarea de este trabajo.

Después de tiempo invertido en el acondicionamiento del equipo, se pudo detectar fallas en las etapas o sistemas siguientes: Sistema de enfriamiento, de generación y control de alto voltaje, en el circuito de control de corriente para el cátodo del tubo de rayos X, y en el sistema de presentación de datos en la unidad de control de canal. Una vez solucionados todos los problemas de operación y verificado el funcionamiento

apropiado de todas las partes del sistema, se pudo diseñar la interfaz que ha permitido la actualización del sistema en cuestión.

La interfaz junto con un software de control, permitió trasladar una presentación de datos analógica plasmados en una carta gráfica, hacia la pantalla de un computador, logrando con esto que los datos adquiridos fueran presentados y archivados. Para el análisis de los datos se propuso un software especializado en el área de la difracción de los rayos X. El software y hardware diseñado se instaló en el equipo de difracción de rayos X Philips PW1730, en posesión del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares (CIAN) de la Universidad de El Salvador.

RESUMEN

El documento se encuentra estructurado en tres capítulos, los cuales cubren los siguientes aspectos:

Capítulo I: Contiene una introducción a la teoría general sobre la difracción de los rayos X, tocando tópicos tales como: Las formas de producción y detección de dichos haces y su comportamiento frente a obstáculos de diferente naturaleza. Así, como también se aborda el tema de los componentes de un sistema de difracción, describiéndose la función de cada uno de ellos.

Capítulo II: Describe las partes básicas del sistema de difracción PW1730, en cuanto a sus características, especificaciones y principio de funcionamiento

Capítulo III: Trata sobre los principios de adquisición de datos, expone los criterios para el diseño de la interface prototipo, propone una solución para adquisición de datos y su software de control, acorde a las necesidades de actualización del sistema de difracción PW1730, y se recomienda un software de análisis especializado para la manipulación de los datos.

INDICE

Contenido	Página
Capítulo I "Fundamentos sobre difracción de rayos X"	
1 INTRODUCCION	1
1.1 Los rayos X	1
1.1.1 Emisión de rayos X	2
1.1.2 Espectro de rayos X	2
1.1.2.1 Espectros continuos que provienen de fuentes bombardeadas con un haz de electrones.	2
1.1.2.2 Espectros de línea característicos producidos por las fuentes de haces de electrones.	4
1.2 Difracción	5
1.2.1 Difracción de rayos X	8
1.3 Componentes de un sistema de difracción	11
1.3.1 Fuentes	12
1.3.2 Filtros para haces de rayos X	13
1.3.3 Detectores de rayos X	14
1.3.4 Procesador de señal y dispositivos de lectura	20
CONCLUSIONES	22
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	23
Capítulo II: "El sistema de difracción Philips PW1730/00"	
2 INTRODUCCION	24
2.1 Descripción de la unidad PW1730/00	24
2.1.1 Especificaciones	26
2.1.2 Descripción de controles	27

2.1.2.1	Panel de control frontal	27
2.1.2.2	Panel de control trasero	29
2.1.2.3	El sistema de enfriamiento de agua	30
2.1.2.4	La torreta del tubo PW1346/91	31
2.1.3	Diagrama en bloques del circuito electrónico de la unidad PW1730/00	33
2.1.3.1	Circuito de generación	33
2.1.3.2	Circuito de control	33
2.1.3.3	Circuito de protección contra sobrevoltaje	35
2.1.3.4	Circuito de seguridad	35
2.2	Goniometro Horizontal PW1380	36
2.2.1	Descripción	36
2.2.2	Especificaciones	37
2.2.3	Principio de funcionamiento	37
2.2.4	Selección de las ranuras y filtros	39
2.2.5	Controles del goniometro horizontal	41
2.3	Módulo de control de canal PW1390	42
2.3.1	Descripción	42
2.3.2	Especificaciones del panel de control	43
2.3.3	Controles de la unidad PW1390	44
2.3.4	Diagrama en bloques de la unidad PW1390	46
2.4	Resultado final del sistema de difracción	48
	CONCLUSIONES	51
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	52

Capítulo III: "Interfaz de adquisición de datos para el sistema de difracción Philips PW1730/00"

3	INTRODUCCION	53
3.1	Adquisicion de datos	54
3.1.1	Concepto	55

3.1.2	Características básicas de la adquisición	55
3.2	Diseño de Interface	55
3.2.1	Criterios de diseño	55
3.3	Propuesta de interface	59
3.3.1	Resumen del estado actual del equipo de difracción	59
3.3.1.1	Diagrama en bloques del analizador de canal	59
3.3.1.2	Señales disponibles y su naturaleza	60
3.3.1.3	Criterios de intervención en la unidad control de canal	60
3.3.1.4	Concepción de la solución	61
3.3.2	Componentes asociados a la interface prototipo	61
3.3.2.1	El Temporizador de Intervalos Programable (PIT 8254)	61
3.4	Interface de usuario	66
3.4.1	Criterios del software de adquisición	66
3.4.2	Programa de adquisición	66
3.4.3	Propuesta de software de análisis	68
3.4.3.1	Características básicas del software de análisis	69
3.5	Actualización del sistema	70
3.6	Verificación del sistema PW1730 actualizado	72
	CONCLUSIONES	74
	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	75
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	76
	ANEXOS	

CAPITULO I

“FUNDAMENTOS SOBRE DIFRACCION DE RAYOS X”

1.0 INTRODUCCIÓN.

Desde su descubrimiento en 1912 por Von Laue, la difracción de rayos X como método de análisis ha proporcionado importante información a la ciencia y a la industria. Además, dichos estudios han conducido a una comprensión más clara de las propiedades físicas de los metales, los polímeros y otros sólidos. La difracción de rayos X proporciona también un medio eficiente y práctico para la identificación cualitativa y cuantitativa de compuestos cristalinos. Por tales motivos es necesario conocer un poco sobre la naturaleza de los rayos X, el comportamiento de este tipo de radiación frente a ciertos obstáculos y la instrumentación necesaria para su aplicación, a fin de poder comprenderlos y aplicarlos mejor.

1.1 LOS RAYOS-X.

Es un tipo de radiación que esta constituido por ondas electromagnéticas de frecuencias cuyas longitudes de onda¹ (λ) se encuentran en el rango de 0.1Å a 10Å. (La unidad Angstrom Å equivale a 0.1nm, se utilizó inicialmente debido a que resulta práctica para expresar las longitudes de onda de los rayos-X). A los rayos-X² con longitud de onda menor se les conoce como rayos duros, pues poseen gran poder de penetración, mientras que a los de mayor longitud de onda se les llama rayos blandos porque son intensamente absorbidos por los cuerpos por los que inciden.

¹ Es la distancia entre dos puntos correspondientes a una misma fase a dos ondas consecutivas.

1.1.1 Emisión de rayos X.

Para fines analíticos, los rayos X se obtienen de tres formas siguientes: (1) Por el bombardeo de un blanco metálico con un haz de electrones de alta energía; (2) por exposición de una sustancia a un haz primario de rayos X, con objeto de generar un haz secundario de rayos X fluorescentes, y (3) por el empleo de una fuente radiactiva cuyo proceso de desintegración da por resultado la emisión de rayos X.

1.1.2 Espectros de rayos-X.

Las fuentes de rayos-X, como los emisores ultravioletas y visibles, a menudo producen un espectro continuo y uno discontinuo (líneas); ambos tipos son importantes en el análisis.

1.1.2.1 Espectros de continuos que provienen de fuentes bombardeadas con un haz de electrones.

Básicamente, un tubo de rayos X es un tubo largo, al vacío, que contiene un cátodo caliente (emisor de electrones) y un ánodo o blanco. Los electrones emitidos por el cátodo son acelerados mediante un intenso campo de alto voltaje establecido entre los dos electrodos. Cuando el flujo de electrones choca contra el blanco u objetivo, rápidamente alcanza el reposo y transfiere su contenido de energía cinética a los átomos del material de que esta constituido el ánodo. Una parte de esa energía cinética es emitida formando un espectro continuo de rayos X que cubre una amplia gama de longitudes de onda. El intervalo tan amplio en las energías de los fotones de rayos X, es debido a la desaceleración que sufren los electrones incidentes por las colisiones sucesivas con los átomos del material del objetivo.

² La longitud de onda de los rayos-X es inversamente proporcional al voltaje de aceleración.

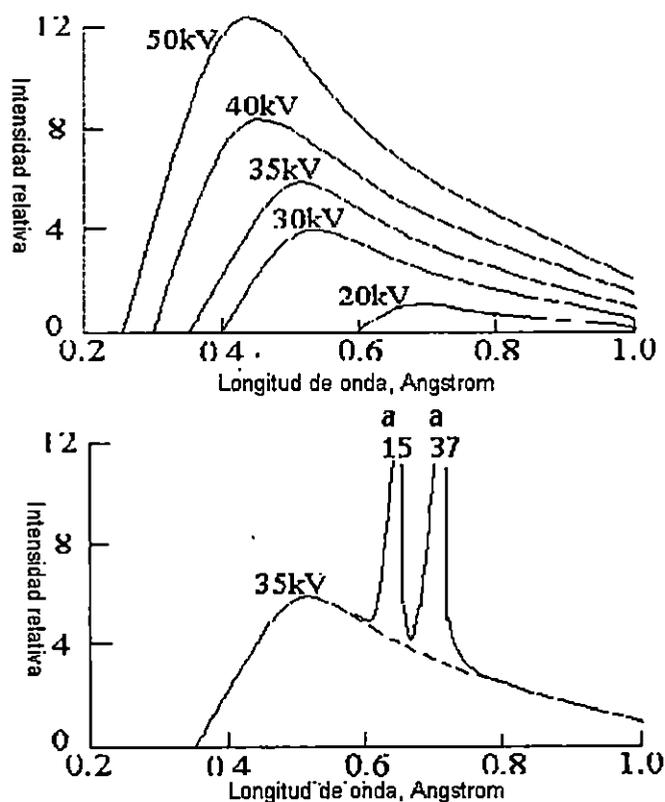


Figura 1.1. (a) Distribución de radiación continua proveniente de un tubo de rayos X con un blanco de tungsteno. Los voltajes encima de las curvas indican los voltajes de aceleración. (b) Espectro de líneas de un tubo con un blanco de molibdeno.

El espectro continuo de rayos X se caracteriza por presentar un límite en el extremo de longitudes de onda corta (λ_0), que está bien definido y depende del voltaje de aceleración V , pero es independiente del material del blanco. En consecuencia, λ_0 para el espectro producido para un blanco de molibdeno a 35 kV, es idéntico a λ_0 para un blanco de tungsteno al mismo voltaje. La relación entre el voltaje de operación y λ_0 , en angstroms (\AA), está dada por la ecuación de Duane-Hunt:

$$\lambda_0 = (hc)/(eV) = 12\,393/V$$

en donde V corresponde al valor de voltaje, en volts, utilizado durante la operación del tubo de rayos X, e es la carga del electrón, h es la constante de Plank y c es la velocidad de la luz.

Al aumentar el voltaje de operación del tubo, aumenta la totalidad de la energía emitida con un movimiento de la distribución espectral hacia menores longitudes de onda.

1.1.2.2 Espectros de línea característicos producidos por las fuentes de haces de electrones.

Los espectros de línea de rayos-X resultan de las transiciones electrónicas que afectan a los orbitales atómicos más interiores. Por lo general, los espectros de rayos X constan básicamente de la serie de línea K y L. La serie de línea K, se observa cuando un electrón del nivel K más interno ($n=1$) es removido y su vacante ocupada por los electrones procedentes de los niveles L ($n=2$) o M ($n=3$).

Las vacantes que correspondan a los niveles L son cubiertas mediante transiciones electrónicas que procedan de los niveles más externos de, lo cual da lugar a la serie de líneas L. La serie K consiste de dos líneas prominentes conocidas como líneas $K\alpha$ y $K\beta$, cada una de las cuales contiene un doblete con espaciamento pequeño. El doblete de la línea $K\alpha$ se origina por las transiciones de los electrones procedentes de los niveles L hasta el nivel K vacante. Las líneas $K\beta$ de mayor energía resultan de las transiciones desde los niveles M hasta el nivel K. Las líneas L comprenden varias líneas ligeramente espaciadas que resultan de las transiciones desde los niveles M hasta los niveles L vacantes.

1.2 DIFRACCION

La difracción es una característica de las ondas de todos los tipos, que consiste en la desviación de ésta en torno a un obstáculo, por ejemplo la luz al pasar por la orilla de una rendija.

El fenómeno de difracción fue descubierto por Francesco Grimaldi (1618-1663) y puede comprenderse por medio del principio de Huygens y el experimento de Young, que dicen:

a) **Principio de Huygens**³. "Todos los puntos de un frente de ondas pueden considerarse como fuentes puntuales que producen ondas esféricas secundarias. Después de un tiempo "t", la nueva posición del frente de ondas será la superficie tangente a estas ondas secundarias".

b) **Experimento de Young (Interferencia)**

"Si dos ondas de la misma frecuencia viajan en la misma dirección y tienen una diferencia de fase que permanece constante en el tiempo; se puede combinar de tal forma que su energía no queda distribuida uniformemente en el espacio sino que tiene un máximo en ciertos puntos y un mínimo (cero) en otros".

A continuación se presenta el principio de Huygens y el experimento de Young, aplicados a tres casos, en donde las condiciones son: Hacer incidir un rayo monocromático de luz con una longitud de onda (λ) específica sobre (1) una rendija, (2) una rendija doble y, (3) una rendija múltiple, en donde todas las rendijas son lo suficientemente largas y tienen un ancho específico "a".

³ Según Huygens, la explicación del fenómeno de la difracción es: El frente de onda que llega a la posición de la rendija de la figura 1. Todos los puntos de esta porción pueden considerarse como los orígenes de las ondas secundarias esféricas de Huygens. La "curvatura" del rayo en la región de la sombra geométrica está asociada con la obstaculización de las ondas secundarias de Huygens de aquellas partes del frente de onda incidente que se encuentra detrás de la orilla de la rendija.

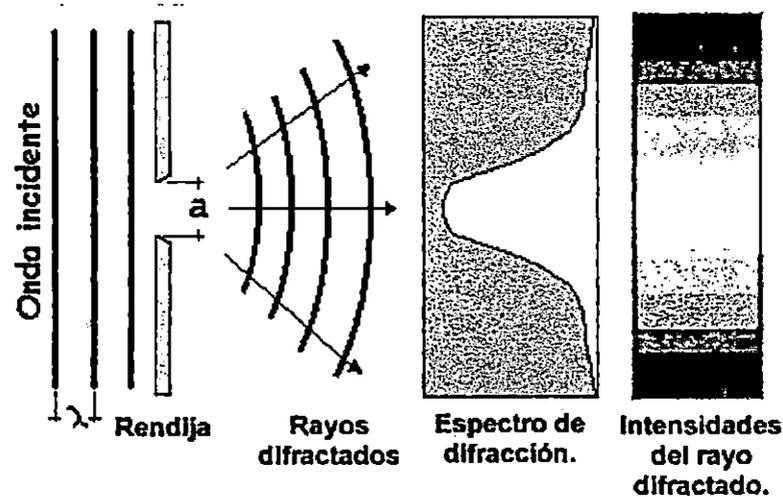


Figura 1.2, Difracción producida por una rendija.

CASO I: Una rendija.

Características:

- Se produce un patrón de difracción cuyas intensidades le dan la forma de una distribución Gaussiana.
- Si la relación entre el ancho de la rendija y la longitud de onda del rayo incidente tiende a cero ($a/\lambda \rightarrow 0$), la difracción del rayo se hace más pronunciada.
- Si la relación entre el ancho de la rendija y la longitud de onda del rayo incidente tiende a infinito ($a/\lambda \rightarrow \infty$), la difracción del rayo tiende a desaparecer.

CASO II: Una rendija doble.

Características:

- Se produce un patrón de difracción con franjas de interferencia.
- La intensidad de las franjas de interferencia queda determinado por la intensidad del patrón de difracción.

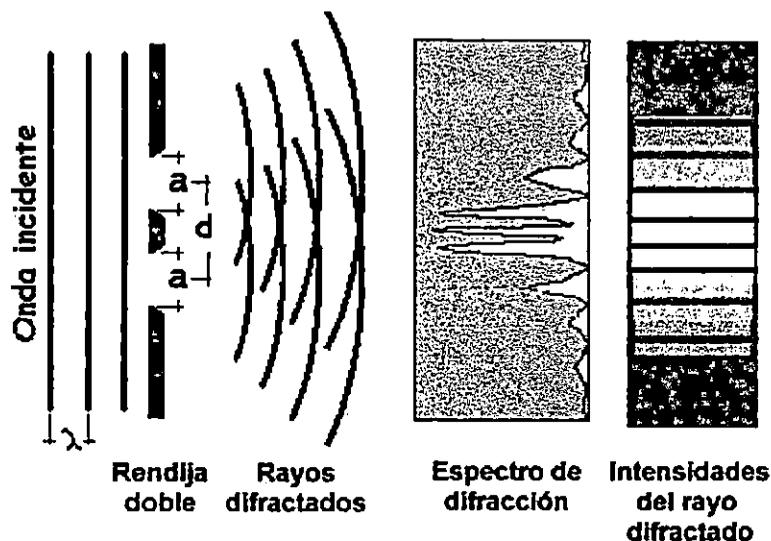


Figura 1.3, Difracción producida por dos rendijas adyacentes.

- c) Si se aumenta el ancho “a” de las rendijas, la envolvente del patrón de difracción de las franjas de interferencia cambia, de tal manera que el pico central se hace más agudo. La separación de las franjas de interferencia que depende de λ/d no cambia⁴.
- d) Si se aumenta “d”, las franjas se aproximan entre sí, sin que cambie la envolvente del patrón de las franjas⁵.
- e) Si aumenta λ , se ensancha la envolvente y aumenta la separación entre las franjas. Aumentar λ , equivale a disminuir las relaciones: a/λ y d/λ . La relación general entre envolvente y las franjas, la cual solo depende de “d/a” no cambia con la longitud de onda λ .

⁴ El patrón de interferencia causado por rendijas infinitesimalmente angostas queda determinado por la ecuación: $I_{\theta} = I_m (\cos \beta)^2 (\text{sen } \alpha / \alpha)^2$. Donde: (1) I_{θ} : Intensidad de la onda difractada.; (2) I_m : Intensidad máxima de la onda difractada; (3) $(\cos \beta)^2$: Factor de interferencia, donde $\beta = (\pi \cdot d / \lambda) \cdot \text{sen } \theta$; (4) $(\text{sen } (\alpha / \lambda))$: Factor de difracción, donde $\alpha = (\pi \cdot a / \lambda) \cdot \text{sen } \theta$.

CASO III : Rendijas múltiples.

Características al aumentar el número de rendijas adyacentes (N).

- No se altera el espaciamiento entre los máximos (principales) de interferencia siempre que “d” y “ λ ” no cambien.
- Se agudizan los máximos principales del patrón de difracción, y
- Introduce a máximos secundarios pequeños entre los máximos principales.

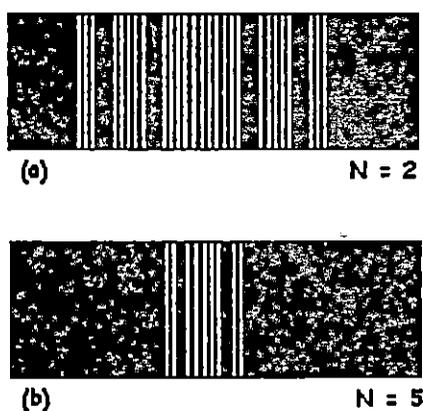


Figura 1.4, Patrones de intensidad de “rejillas” con (a) $N=2$ y (b) $N=5$, y el mismo valor de “d” y “ λ ”.

1.2.1 DIFRACCION DE RAYOS X.

Dado que los rayos X son parte del espectro de ondas electromagnéticas, todo lo mencionado anteriormente es aplicable a ellos.

Con la longitud de onda que poseen los rayos X (0.1 \AA a 10 \AA) que son muy próximos a los rayos atómicos ($d \cong \lambda$), no es posible construir rejillas por procedimientos

⁵ La ecuación que localiza a los máximos de interferencia, está dada por: $d \cdot \text{SEN } \theta = m \cdot \lambda$, donde $m =$

mecánicos, de tal modo que en 1912 se le ocurrió a al físico Max Von Laue que un sólido cristalino, compuesto por un arreglo regular de átomos, podría formar una rejilla de difracción tridimensional natural para los rayos X, con una distribución continua de longitudes de onda, incidiendo sobre un cristal, se producen haces intensos, en direcciones muy bien definidas, las cuales corresponden a interferencia constructiva de los muchos centros difractores que constituyen el cristal.

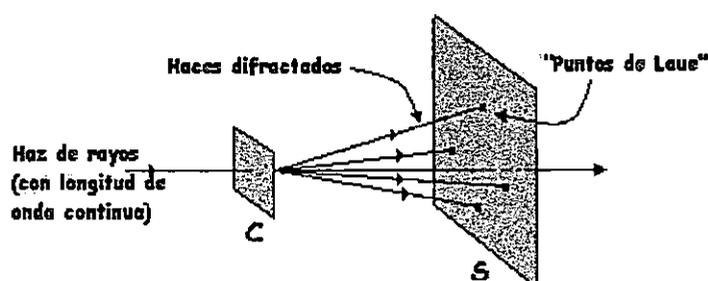


Figura 1.5. Un haz de rayos X incide sobre un cristal "C". En ciertas direcciones se presentan haces difractados intensos, los cuales forman un patrón de Laue, sobre una placa fotográfica

A cerca de la difracción de los rayos X se puede decir lo siguiente:

- a) Las direcciones (pero no las intensidades) de todos los haces de rayos X difractados que pueden salir de un cristal (para una longitud de onda de rayos X dada y para una orientación específica del haz incidente), quedan determinadas por la geometría de la rejilla, es decir por el espaciamiento "d" entre las rejillas.
- b) Las intensidades de los haces difractados que salen de un cristal dependen de las características difractoras de la celda unitaria⁶

Los rayos X son difractados fundamentalmente por los electrones y en la mayoría de los casos se puede ignorar la difracción por los núcleos. En consecuencia, las

0,1,2...

⁶ Es la menor unidad a partir de la cual se puede formar el cristal por su repetición en tres dimensiones.

características difractoras de una celda unitaria depende de la manera en que están distribuidos los electrones en el volumen de la celda.

Ley de Bragg. Cuando un haz de rayos X incide en la superficie de un cristal a cierto ángulo θ , una parte es dispersada por la capa de átomos de la superficie. La porción no dispersada del haz penetra en la segunda capa de átomos, donde de nuevo una fracción es dispersada y el resto pasa a la tercera capa. El efecto acumulativo de esta dispersión de los centros regularmente espaciados del cristal es una difracción del haz en forma muy parecida a como la radiación visible es difractada por una rejilla de reflexión. En 1912, W.L. Bragg trató la difracción de rayos X por cristales como se presenta en la figura 1. En ella un haz estrecho incide en la superficie del cristal con un ángulo θ ; hay dispersión como consecuencia de la interacción de la radiación con los átomos situados en O, P y R. Si la distancia.

$$AP + PC = n\lambda$$

Donde n es un entero, la radiación dispersada estará en fase en OCD, y el cristal reflejará la radiación X. Pero se ve fácilmente que

$$AP = PC = D \operatorname{sen} \theta$$

Donde d es la distancia interplanar del cristal. Así, podemos escribir que las condiciones para la interferencia constructiva sobre el haz con ángulo θ son

$$n\lambda = 2d \operatorname{sen} \theta$$

A la ecuación anterior se le llama ecuación de BRAGG y es de importancia fundamental. Obsérvese que los rayos X son reflejados del cristal sólo si el ángulo de incidencia satisface la condición que

$$\text{Sen } \theta = (n\lambda)/(2d)$$

En todos los demás ángulos hay interferencia destructiva.

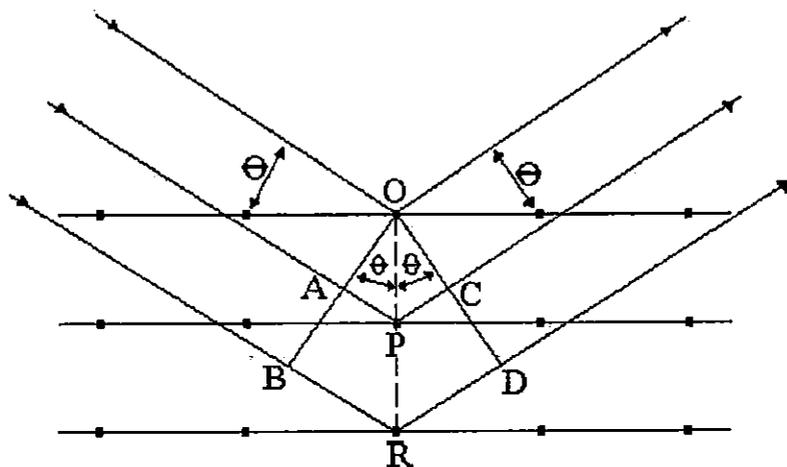


Figura 1.6. Difracción de los rayos X producidos por los diferentes planos de un cristal.

1.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DIFRACCIÓN.

La difracción de los rayos-X encuentran aplicación en la química analítica. Los componentes de un sistema de difracción son: Una fuente, un dispositivo para restringir el intervalo de longitud de onda utilizado, un portamuestras, un detector de radiación o transductor y un procesador de señales y dispositivos de lectura.

1.3.1 FUENTES

Existen tres tipos de fuentes en los instrumentos de rayos-X, que son los tubos de Coolidge, los radioisótopos y las fuentes fluorescentes secundarias.

Tubo de Coolidge. Es fuente más común de rayos-X para trabajo analítico, que puede adoptar una variedad de formas, pero básicamente es un tubo al alto vacío en el que hay un cátodo de filamento de tungsteno, cobre, molibdeno, cromo, plata, níquel, cobalto, sodio o hierro. Se usan diferentes circuitos para calentar el filamento y acelerar los electrones hacia el blanco. El primero proporciona el medio para controlar la intensidad, y el último da la energía de los rayos-X que se emiten. El tubo de Coolidge es normalmente autoretificador, y se conecta una fuente de corriente alterna de alto voltaje directamente al cátodo para proporcionar el potencial para la aceleración.

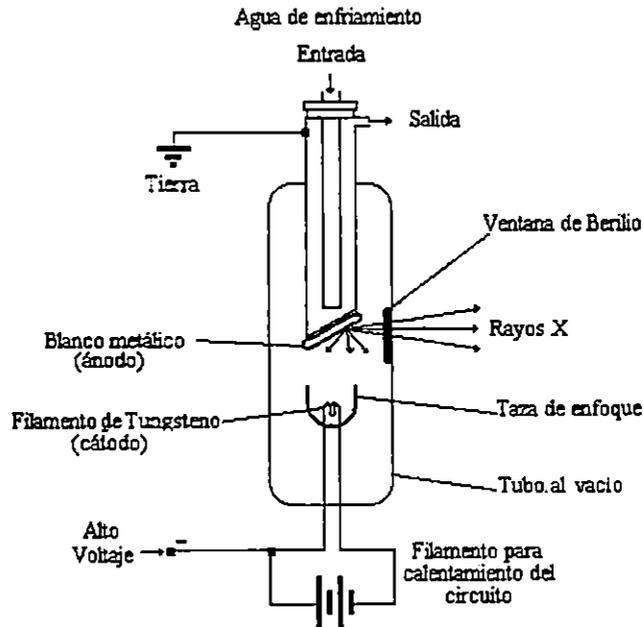


Figura 1.7. Diagrama esquemático del tubo de Coolidge.

La producción de rayos X por bombardeo con electrones constituye un proceso sumamente ineficaz. Menos de 1% de la potencia eléctrica se convierte en potencia radiante y el resto se degrada como calor. Por este motivo es necesario enfriar con agua los ánodos de los tubos de rayos X.

Radioisótopos. Son sustancias radioactivas que se utilizan como fuentes para la técnica de fluorescencia y absorción de rayos X. Por lo general un radioisótopo está encapsulado para impedir la contaminación del laboratorio y posee un blindaje para la absorción de la radiación en todas direcciones excepto una. Las mejores fuentes radioactivas proporcionan espectros simples de líneas. Debido a la forma de las curvas de absorción de rayos X, un radioisótopo dado será adecuado para la excitación de fluorescencia o los estudios de absorción de un cierto grupo de elementos. Por ejemplo, una fuente que produce una línea en la región entre 0.3 y 0.47Å será adecuada para el estudio de la fluorescencia o absorción basados en el borde de absorción K de la plata. La sensibilidad mejorará por supuesto si la longitud de onda de la fuente de línea se aproxima al borde de absorción. El iodo-125 que posee una línea de 0.46Å resultaría ideal desde este punto de vista.

Fuentes fluorescentes secundarias. Entre algunas de las aplicaciones, el espectro de fluorescencia de un elemento que ha sido excitado por la radiación que proviene de un tubo de Coolidge, constituye una fuente de radiación secundaria para estudios de absorción y fluorescencia. Esta disposición presenta la ventaja de eliminar el componente continuo emitido por una fuente primaria.

1.3.2 FILTROS PARA HACES DE RAYOS X

Sirven para restringir un haz de rayos X dentro de un intervalo de longitudes de onda requerido para un análisis específico. La figura 1.8, ilustra una técnica común para producir un haz monocromático relativamente puro mediante el uso de un filtro. Aquí la

línea K_{β} y la mayor parte de la radiación continua procedente de la emisión de un blanco de molibdeno son eliminadas por un filtro de Circonio que tiene un espesor de 0.01 cm. La línea K_{α} pura puede aprovecharse luego para fines analíticos. Se han creado varias combinaciones semejantes de blancos y filtros, cada una de las cuales sirve para aislar una de las líneas intensas de un elemento blanco.

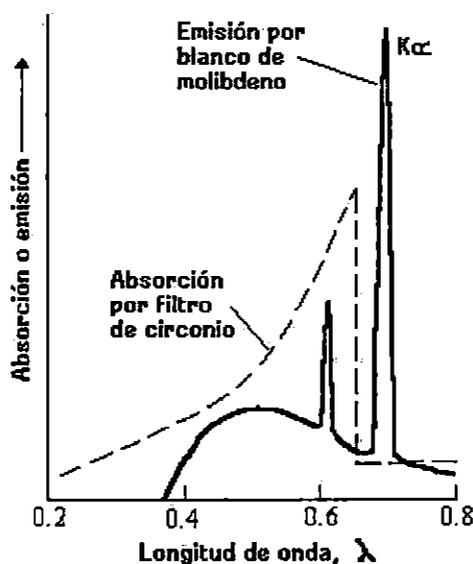


Figura 1.8. Uso de un filtro para producir radiación monocromática.

La elección de longitudes de onda obtenibles por esta técnica está determinada por el número relativamente pequeño de combinaciones existentes de blancos y filtros.

La filtración de la radiación continua procedente de un tubo de Coolidge es también factible con delgadas tiras de metal, ya que se producen bandas relativamente anchas con una pérdida importante de intensidad de las longitudes de onda no deseadas.

1.3.3 DETECTORES DE RAYOS X.

En los primeros instrumentos de rayos X la radiación se detectaba y medía por medio de emisiones fotográficas, los detectores modernos están equipados con detectores

que convierten la energía radiante en energía eléctrica, lo que resulta más conveniente, rápido y exacto. Se encuentran tres tipos de transductores: detectores llenos de gas, contadores de centelleo y detectores semiconductores.

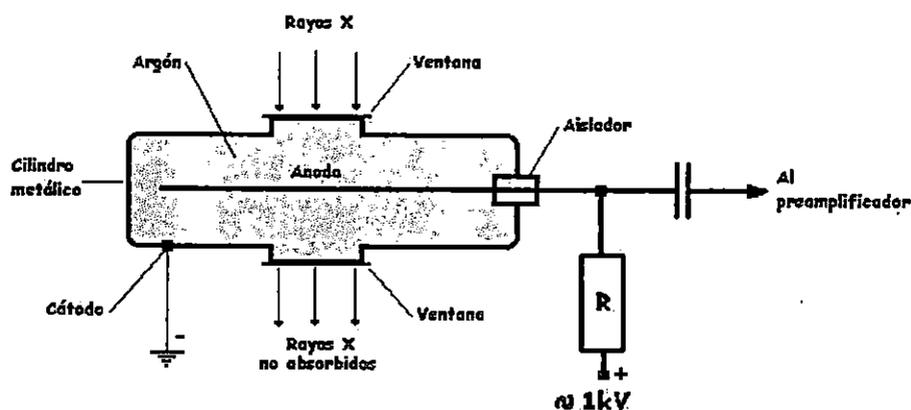


Figura 1.9. Sección transversal de un detector de gas.

(a) **Detectores rellenos de gas.** Cuando la radiación X pasa a través de un gas inerte como argón, xenón o criptón, existen interacciones que producen un gran número de iones gaseosos positivos y electrones (pares iónicos) para cada cuanto de radiación X. Existen tres tipos de detectores de rayos X que se denominan *cámaras de ionización*, *contadores proporcionales* y *tubos de Geiger*, basados en el supuesto de la conductividad producida por este fenómeno.

En la figura 1.9, se muestra en forma esquemática un detector de gas típico. La radiación penetra en la cámara a través de una ventana transparente de mica, berilio, aluminio o Mylar. Cada fotón de radiación X puede interactuar con un átomo de argón causando la pérdida de uno de sus electrones externos. Este fotoelectrón tiene una gran energía cinética, igual a la diferencia entre la energía del fotón de rayos X y la energía de unión del electrón en el átomo de argón. El fotoelectrón pierde su exceso de energía cinética ionizando varios cientos de otros átomos del gas. Se aplica un potencial eléctrico bajo cuya influencia los electrones migran hacia el conductor central que constituye el

ánodo, mientras que los cationes más lentos son atraídos y se mueven hacia el cátodo formado por el cilindro metálico.

En la figura 1.10, se muestra el efecto de la aplicación de un potencial sobre el número de electrones que alcanzan el ánodo en un detector de gas, por cada fotón de rayos X que entra.

El tubo Geiger. Es un detector de gas que funciona en la región de voltaje entre V5 y V6, como se indica en la figura 1.10; En estas condiciones se obtiene una amplificación gaseosa de 10^9 . Cada fotón produce una avalancha de electrones y cationes; las corrientes resultantes son entonces grandes y por tanto relativamente fáciles de medir.

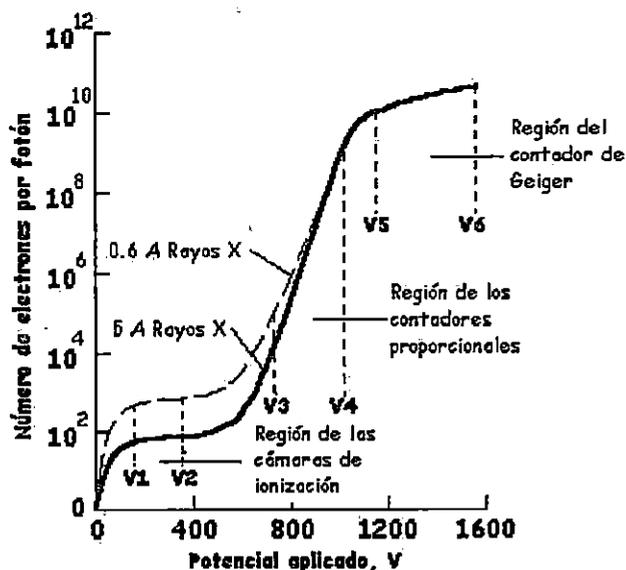


Figura 1.10. Amplificación gaseosa para diferentes tipos de detectores de gas.

La conducción de electricidad a través de una cámara que funciona en la región de Geiger (y también en la región proporcional) no es continua debido a que el espacio de carga ya mencionado termina el flujo de electrones hacia el ánodo. El efecto neto es un pulso

instantáneo de corriente seguido de un intervalo durante el cual el tubo no conduce. Antes de una nueva conducción, este espacio de carga debe disiparse por migración de los cationes hacia las paredes de la cámara. Durante este “tiempo muerto” en el cual el tubo no es conductor, es imposible la respuesta a la radiación; por tanto el tiempo muerto representa un límite superior en la capacidad de respuesta del tubo. El tiempo muerto para un tubo Geiger se encuentra, por lo general dentro del intervalo de %0 a 200 μ s.

Los tubos Geiger suelen contener argón; se agrega además una baja concentración de una sustancia orgánica, por lo general alcohol o metano (el gas apagador) para reducir al mínimo la producción de electrones secundarios cuando los cationes golpean contra las paredes de la cámara. El tiempo de duración de un tubo está limitado aproximadamente 10^8 a 10^9 cuentas, tiempo en el que se agota el gas apagador. La medida de la intensidad de radiación con el tubo Geiger se basa en el recuento de los pulsos de corriente. Este sistema puede aplicarse a todos los tipos de radiación nuclear y rayos X. Sin embargo, no posee la gran capacidad de conteo de otros detectores debido a su tiempo muerto relativamente prolongado; en consecuencia su utilización es limitada.

Contadores proporcionales. Es un detector de gas que opera en la región de voltaje de V3 y V4, de la figura 1.10. En estas condiciones el pulso producido por un fotón se amplifica por un factor de 500 a 10,000 pero el número de iones positivos es tan pequeño que el tiempo muerto es sólo de 1 μ s. En general, los pulsos que provienen de un tubo contador proporcional deben amplificarse antes de su recuento. El número de electrones producido por pulso (*altura del pulso*) en la región proporcional depende directamente de la energía de la radiación incidente. Los contadores proporcionales se utilizan ampliamente como detectores en los espectrómetros de rayos X.

Cámaras de ionización. Las cámaras de ionización funcionan en un intervalo de voltaje de V1 a V2 en la figura 1.10. En este caso las corrientes son pequeñas (por ejemplo de 10^{-13} a 10^{-16} A) y son relativamente independientes del voltaje aplicado. Las

cámaras de ionización no se utilizan en espectrometría de rayos X debido a su baja sensibilidad.

Contador de centelleo. La luminiscencia que se produce cuando incide una radiación sobre una sustancia fosforescente, es uno de los métodos más antiguos para detectar la radiactividad de los rayos X, pero también es uno de los métodos más modernos. El contador de centelleo moderno más usado consiste en un cristal transparente de yoduro de sodio que ha sido activado mediante la introducción de aproximadamente 1% de talio. El cristal puede tener la forma de un cilindro de 7.6 a 10 cm en cada dimensión; una de sus superficies planas se encuentra orientada hacia el cátodo de un tubo fotomultiplicador. Cuando la radiación incidente atraviesa el cristal, pierde energía hacia el centellador; esta energía se libera posteriormente bajo la forma de fotones de radiación fluorescente. Se producen varios miles de fotones con una longitud de onda de aproximadamente 400 nm por cada partícula primaria o fotón en un periodo de aproximadamente 0.25 μ s (el tiempo de desintegración).

El tiempo promedio de un contador de centelleo es por tanto significativamente menor que el de un detector de gas. Los destellos de luz que se producen en el cristal de centelleo se transmiten al fotocátodo del tubo fotomultiplicador y se convierten a su vez en pulsos eléctricos que se pueden amplificar y contar. Una característica importante de los aparatos de centelleo es que el número de fotones que se produce en cada destello es aproximadamente proporcional a la energía de la radiación incidente.

(b) **Detectores semiconductores.** Los detectores semiconductores han adquirido mayor importancia como selectores de radiación X. Estos dispositivos se denominan a veces *detectores de silicio o germanio desplazados con litio*.

En la figura 1.11, se muestra un tipo de detector desplazado con litio, construido con una pastilla de silicio cristalino. Existen tres capas en el cristal, una capa

semiconductora de tipo *p* que se enfrenta a la fuente de los rayos X, una zona central intrínseca, y una capa de tipo *n*. La cara externa de la capa de tipo *p* está recubierta con una fina película de oro para formar un contacto eléctrico; muchas veces también está cubierta con una delgada ventana de berilio que es transparente a los rayos X. La señal de salida se toma de una capa de aluminio que cubre el silicio de tipo *n* y se envía a un preamplificador cuyo factor de amplificación es de aproximadamente 10. El amplificador es por lo general un transistor de efecto de campo, que forma parte integral del detector.

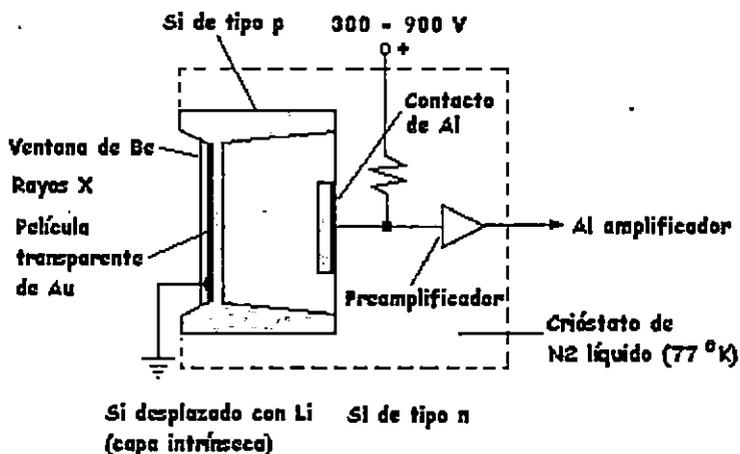


Figura 1.11. Sección transversal de un detector de silicio desplazado con litio para rayos X y emisión radioactiva.

La capa intrínseca de un detector de silicio funciona en forma semejante al argón de un detector de gas. La absorción inicial de un fotón, da lugar a la formación de fotoelectrón de alta energía que pierde su energía cinética promoviendo a varios miles de electrones de silicio a una banda de conducción; esto produce un notable aumento en la conductividad. Cuando se aplica un potencial a través del cristal, la absorción de cada fotón se acompaña de un pulso de corriente.

Al igual que lo que sucede en los detectores proporcionales, la altura del pulso es directamente proporcional a la energía de los fotones absorbidos. Sin embargo, a diferencia de este tipo de detectores no hay amplificación simultánea del pulso.

1.3.4 PROCESADOR DE SEÑAL Y DISPOSITIVO DE LECTURA.

La señal que proviene del preamplificador en un espectrometro de rayos X se envía a un amplificador lineal de respuesta rápida cuya amplificación puede variar por un factor de hasta 10,000. El resultado es un pulso de voltaje de hasta 10 V.

Contadores y escalímetros. Cuando el conteo es bajo (500 a 1,000) basta un simple contador electromecánico. Sin embargo, para frecuencias de conteo mayores se necesita uno o más escalímetros⁷.

Sistema dispersivo de energía. Un *discriminador* es un circuito electrónico que responde sólo a los pulsos cuya altura de voltaje es superior a un valor mínimo preestablecido.

Un analizador o selector de alturas de pulso, es un circuito electrónico que rechaza todos los pulsos cuyas alturas están por debajo de un cierto valor preestablecido y por encima de un valor máximo que también se fija; esto significa que rechaza todos los pulsos excepto aquellos que caen dentro de un *cierto canal o ventana* correspondiente a una altura de pulsos limitada.

Los analizadores de altura de pulso pueden ser dispositivos de un solo canal o de canales múltiples. Un analizador típico de un solo canal posee un intervalo de voltaje de

⁷ Un escalímetro es un dispositivo electrónico dispuesto de tal forma que sus terminales de salida transmiten sólo una fracción fija del número total de pulsos de entrada; esto es, cuenta uno cada dos, cada cuatro, cada

aproximadamente 10 V o más con una ventana de 0.1 a 0.5 V. La ventana puede ajustarse en forma manual o automática para recorrer todo el intervalo de voltaje y de esta forma proporcionar datos para dispersión de energía.

Los analizadores de canales múltiples contienen desde dos o hasta varios cientos de canales independientes, cada uno de los cuales actúa como un canal único que puede ajustarse a diferentes intervalos de voltaje. Esta disposición permite el conteo y registro simultáneo de un espectro completo.

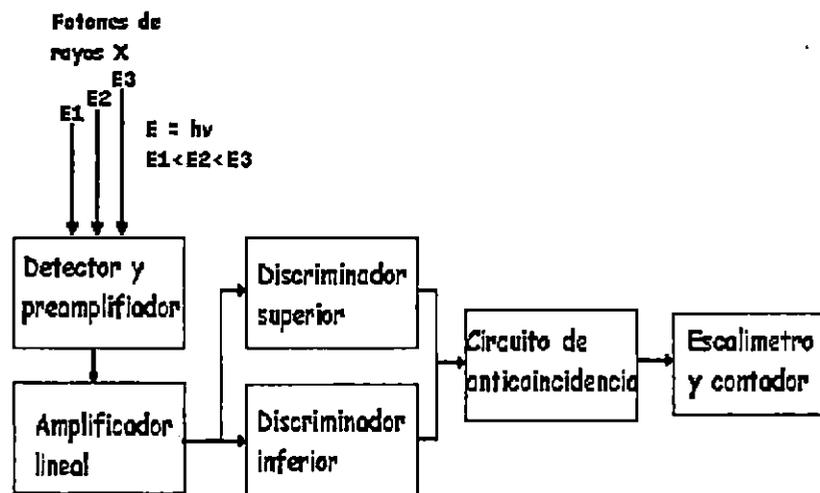


Figura 1.12. Esquema de un analizador de altura de señales

ocho, y así sucesivamente. Este dispositivo disminuye el número de pulsos a una cantidad suficientemente pequeña como para que pueda ser procesada por el contador.

CONCLUSIONES

1. Los rayos X son parte del espectro electromagnético, que poseen una longitud de onda dentro del rango de 0.1 y 25 Å, que son muy próximos a los radios atómicos de los materiales. Volviéndose entonces propicios para aplicaciones en el campo de la difracción.
2. La producción de rayos X, a través de un tubo de Coolidge es ineficiente en un 99%, y necesita de un sistema de enfriamiento para garantizar su operación continua normalmente.
3. Los rayos X producen dos tipos de espectros que se superponen. El espectro de líneas continuo, se debe al retardo de los electrones cuando chocan con el material blanco del ánodo del tubo, y un espectro discontinuo de líneas, que se debe a las transiciones electrónicas de los electrones de las capas más externas (M,L) a las capas más internas (K) de los átomos del material blanco.
4. Las longitudes de onda del espectro de líneas de los rayos X , son característica de la combinación química de los elementos.
5. Los requisitos para que se produzca la difracción de los rayos X en un ángulo dado, por el medio de un cristal, viene establecida por la ley de Bragg, mediante la ecuación $\text{sen } \theta = (n\lambda)/(2d)$.
6. El análisis por el método de difracción se basa en el hecho de que el patrón de difracción de rayos X es único para cada sustancia cristalina. Permitiendo de esta manera, encontrarse una coincidencia exacta entre el espectro emitido por una muestra desconocida y una referencia.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA ---

1. Resnick, Robert (1967), "Física", John Waylen, Segunda Edición, New York.
2. Clark, George (1955), "Applied X-Rays", McGraw-Hill, Cuarta Edición, New York.
3. Camton, A.H.(1963), "X-Rays in theory and experimen", D. Von Nostrand.

CAPITULO II

“EL SISTEMA DE DIFRACCION PHILLIPS PW1730/00”

2.0 INTRODUCCION.

En este capitulo se describirá el sistema de difracción PW1730/00, marca PHILLIPS, proporcionando información técnica y específica sobre los siguientes tópicos: (1)Requerimientos mecánicos, eléctricos e hidraulicos;Módulos componentes mínimos necesarios que constituyen el sistema de difracción; (2) La función de cada uno de los botones, interruptores y medidores en los paneles de control componentes de la unidad en general ;(3) Las medidas de seguridad del sistema, y (4) La forma de presentación del espectro como producto final.

2.1 DESCRIPCION DE LA UNIDAD PW1730.

La unidad PW1730/00 es un generador de potencial constante, cuya función es la de proveer las condiciones de operación óptimas para uno o dos tubos de rayos-X en sistemas de difracción o espectrometría¹. El módulo del generador PW1730/00, es lo suficientemente grande y espacioso como para alojar en su interior a otras unidades de medición y control que son complementarias. Para nuestro caso, un sistema de difracción que funciona con un sólo tubo, puede contener dos tipos de módulos: (1) Los que son indispensables para el funcionamiento, y (2) los que son opcionales.

¹ Cálculo de la longitud de onda de las radiaciones monocromaticas.

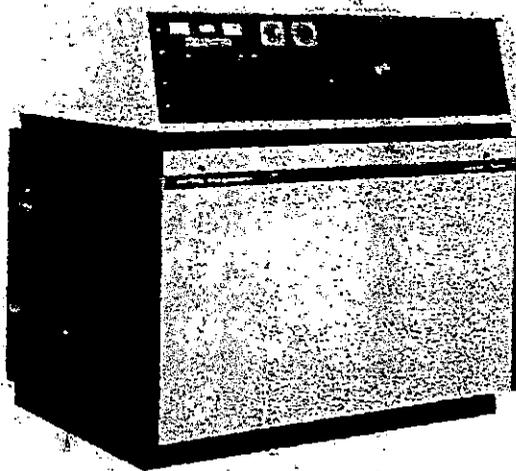


Fig. 2.1: Unidad básica del generador de potencial constante PW1730/00.

a) Módulos indispensables.

1. PW1730/00 : Generador de potencial constante de 3kW.
2. PW1316/91 : Es la torre del tubo para difracción.
3. PW1311/10 : Cable de alto voltaje para difracción.
4. PW1737/00² : Rieles de 19", para módulos complementarios.

b) Módulos opcionales.

1. PW1722/00 : Temporizador de 0-60 hrs (2 máx.).
2. PW1327/00 : Un filtro³ para enfocar un punto de R-X (2 máx. por tubo).
3. PW1327/10 : Un filtro para enfocar una línea de R-X. (1 por tubo).
4. PW1728/30 : Partes de repuesto para el generador de H.V⁴.

² Un ejemplo de unidades complementarias pueden ser: El PW1390 que es la unidad de control de canal, el PW1313 que es la fuente del goniometro, etc.

³ Para efectos de calibración del haz de rayos-X.

2.1.1 ESPECIFICACIONES.

A continuación se presentan un listado de los principales requerimientos de la unidad básica de generación de potencial constante PW1730/00.

a) Especificaciones eléctricas.

1. Potencia de salida : 0.2 a 3kW.
2. Voltaje de salida : 20 a 60kV, en pasos de 5kV.
3. Corriente de salida : 10 a 80mA, en pasos de 5mA.
4. Corriente de ajuste : 0 a -5mA.
5. Estabilidad (kV) : 0.002% por el 1% del voltaje de suministro.
6. Estabilidad (mA) : 0.002% por el 1% del voltaje de suministro.
7. Drift : 20ppm/°C.
8. Rizado : < 40 Vpp/mA.
9. Tiempo de recuperación : < 0.2s por kV y mA.
10. Voltaje de suministro : 190 a 270 V, en pasos de 10V.
11. Frecuencia de operación : 50 o 60 Hz \pm 5%.
12. Potencia de consumo : 6 kVA como máximo.

b) Especificaciones Hidráulicas.

El tanque de alto voltaje (H.V.) y el tubo de rayos-X son un enfriados por un flujo de agua que debe cumplir con lo siguiente:

⁴ H.V. abreviatura de HIGH VOLTAGE.

1. Razón de flujo : 4.0 lt/min.
2. Presión de agua : 3kg/cm² como mínimo, para un flujo de 4.0 lt/min.
3. Presión de agua máx. : 5 kg/cm².
4. Temperatura del agua : Entre 13 a 20°C.

c) Especificaciones físicas.

1. Dimensiones : 1150 mm de alto, 1080 mm de ancho y 835 mm de profundidad.
2. Peso : 430kg (sólo la unidad), y 540 kg (con todas las unidades opcionales montadas).
3. Carga sobre el piso : 120 N/cm².

2.1.2 DESCRIPCION DE LOS CONTROLES.

Los dispositivos de control de la unidad básica de generación PW1730/00, se encuentran repartidos en tres puntos, estos son: (1) El panel de control frontal; (2) el panel de control trasero, y (3) en el sistema de enfriamiento de agua.

2.1.2.1 El panel de control frontal.

Esta ubicado en la parte superior delantera de la unidad Aquí, se reúnen todas aquellas perillas, medidores y señalizaciones, que permiten una manipulación segura de todas las facultades operativas del generador. Una descripción más detallada de los controles del panel frontal se proporciona a continuación.

CODIGO	PARTE	DESCRIPCION
S102 y S103	MAINS I y 0	El pulsador "I" tiene señalización incorporada que luce al iniciar la operación de la unidad presionándolo. Una acción en el pulsador "0" termina con la operación de la unidad.
S104 y S105	HIGH VOLTAGE I y 0	Pulsador "I" tiene señalización incorporada que luce al iniciar la generación de alto voltaje al presionarlo, una vez que la unidad este funcionando. Una acción sobre el pulsador "0" termina sólo con la generación de alto voltaje.
LA101	X-RAYS ON	Lámpara de precaución que luce cuando el tubo esta produciendo rayos-X.
S101	KV 20 a 60	Perilla de selección de alto voltaje.
P1	KV meter	Medidor de los kV aplicados al tubo.
S106	MA 10 a 80	Perilla de selección de corriente para el tubo.
P2	MA meter	Medidor que indica la corriente a través del tubo de rayos-X.
R101	CAL -5	Control variable para ajustar la corriente del tubo en un rango de 0 a -5 mA.
KI1	Temporizador	Determina el tiempo de exposición de los R-X , por la ventana previamente seleccionada del tubo.
S116 y S117	Selector de Ventana	Determina cual de las cuatro ventanas del tubo se abrirá para la exposición de los R-X. Si el selector permanece en la posición media la temporización no se hace efectiva.
S107 y S108 a S115	Botones de apertura de la ventana del tubo	Estos botones deben funcionar en igual tiempo, y abren ("I") o cierran ("0") la ventana del tubo previamente seleccionada por S116 y S117.

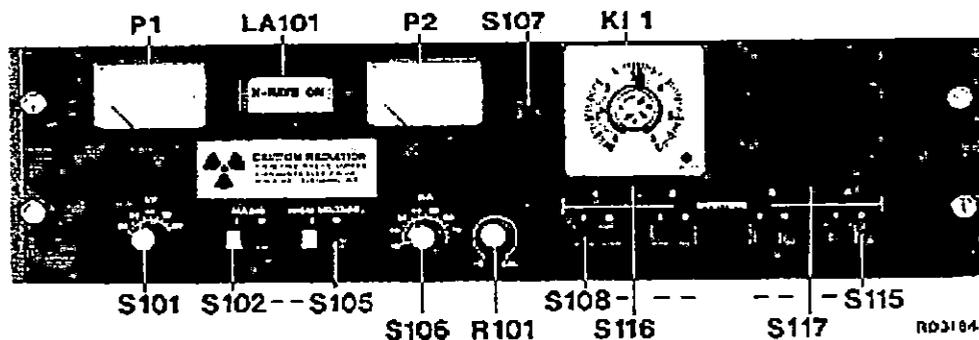


Figura 2.2. Panel frontal del generador en la unidad PW1730/00.

2.1.2.2 En el panel de control trasero.

En el panel trasero de la unidad PW1730/00, se encuentran los controles para la configuración⁵ del tubo de R-X y un medidor de las horas de operación. Este panel tiene capacidad para manejar uno o dos tubos (que deben funcionar alternadamente), y de proporcionar voltajes de filamento para cada tubo de 11V o 13V (por medio de una conexión externa utilizando puentes) según lo requiera cada tubo. Las combinaciones de los interruptores para determinar la operación de un tubo en particular es como se plantea a continuación:

- | | | | |
|---|---|---|-------------------------------------|
| 1 | I | - | Selecciona la operación del tubo 1. |
| 1 | O | - | Restablece al interruptor 1 – O |
| 2 | I | - | Selecciona la operación del tubo 2 |
| 2 | O | - | Restablece al interruptor 2 – I. |



Fig. 2.3 , Unidad de control trasera de la unidad PW1730/00

⁵ Para un sistema de difracción que opera con un solo tubo, la posición de los interruptores deber [1 – 1, y 2 – 0].

2.1.2.3 El sistema de enfriamiento de agua⁶.

El sistema de enfriamiento de agua, tiene la función de conducir el calor de todos puntos calientes de la unidad PW1730/00 manteniendo una temperatura normal de funcionamiento utilizando un flujo de agua⁷, tales como el tubo de rayos-X y el tanque H.T.

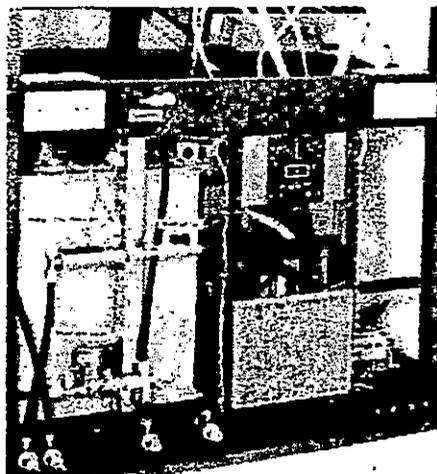


Figura 2.4 ,
Vista trasera de la unidad PW1730/00, donde se muestra la distribución de las tuberías para el sistema de enfriamiento.

Las conexiones de agua están situadas en la parte baja del panel trasero, como se puede ver en la figura 5. Este circuito hidráulico incluye: Dos entradas principales de agua, dos salidas de agua para drenaje, una válvula manual para el control del caudal, una electroválvula que deja circular el caudal sólo cuando se esta generando H.V., un sensor de caudal (se activa al medir más de 3.5 lt/min), y, una entrada y salida de agua para el enfriamiento de un segundo tubo o espectrometro.

⁶ Este es un sistema de enfriamiento de agua para un sistema de difracción que funciona con un único tubo de R-X.

⁷ El agua utilizada para el enfriamiento tiene que ser agua destilada de preferencia.

Una vista esquemática del circuito de enfriamiento de agua de la unidad PW1730/00, se muestra en la figura 2.6. Aquí, se muestra el recorrido del necesario líquido para el enfriamiento por convección que este hace sobre el ánodo del tubo de rayos X, y el tanque de H.V. en su interior.

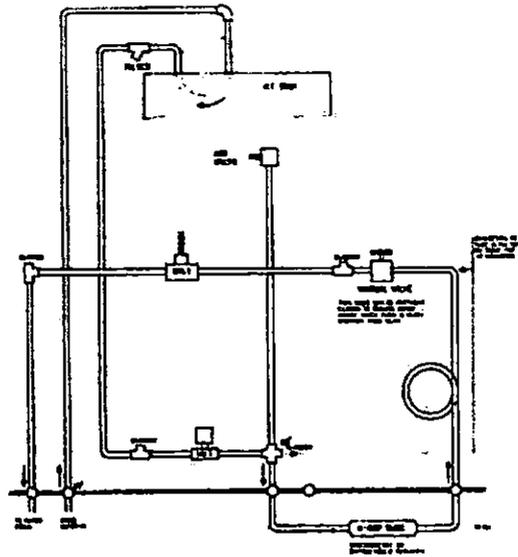


Figura 2.6. Diagrama esquemático del circuito de enfriamiento de agua.

2.1.2.4 La torreta del tubo PW1316/91.

La torreta del tubo PW1316/91 es el espacio físico donde se aloja directamente el tubo de rayos X, el material con que esta hecho proporciona un blindaje a la radiación X, y suministra los medios de conexión necesarios y adecuados para la aplicación de la alta tensión proveniente del generador y las entradas para el circuito de enfriamiento.

La salida de los rayos X se logra a través de cuatro ventanas que se encuentran cerradas por medio de discos móviles llamados SHUTTERS, que son controlados desde el panel de control de la unidad de generación de alto voltaje PW1730/00. Entre los SHUTTERS y la ventana de salida de los rayos X, se encuentra un segundo disco rotativo controlado manualmente, que contiene cinco tipos de materiales que funcionan como filtros, tales como: Vanadio (V), manganeso (Mn), hierro (Fe), Níquel (Ni) y Circonio (Zr). Para un tubo con ánodo de cobre el filtro recomendado es de Níquel (Ni).

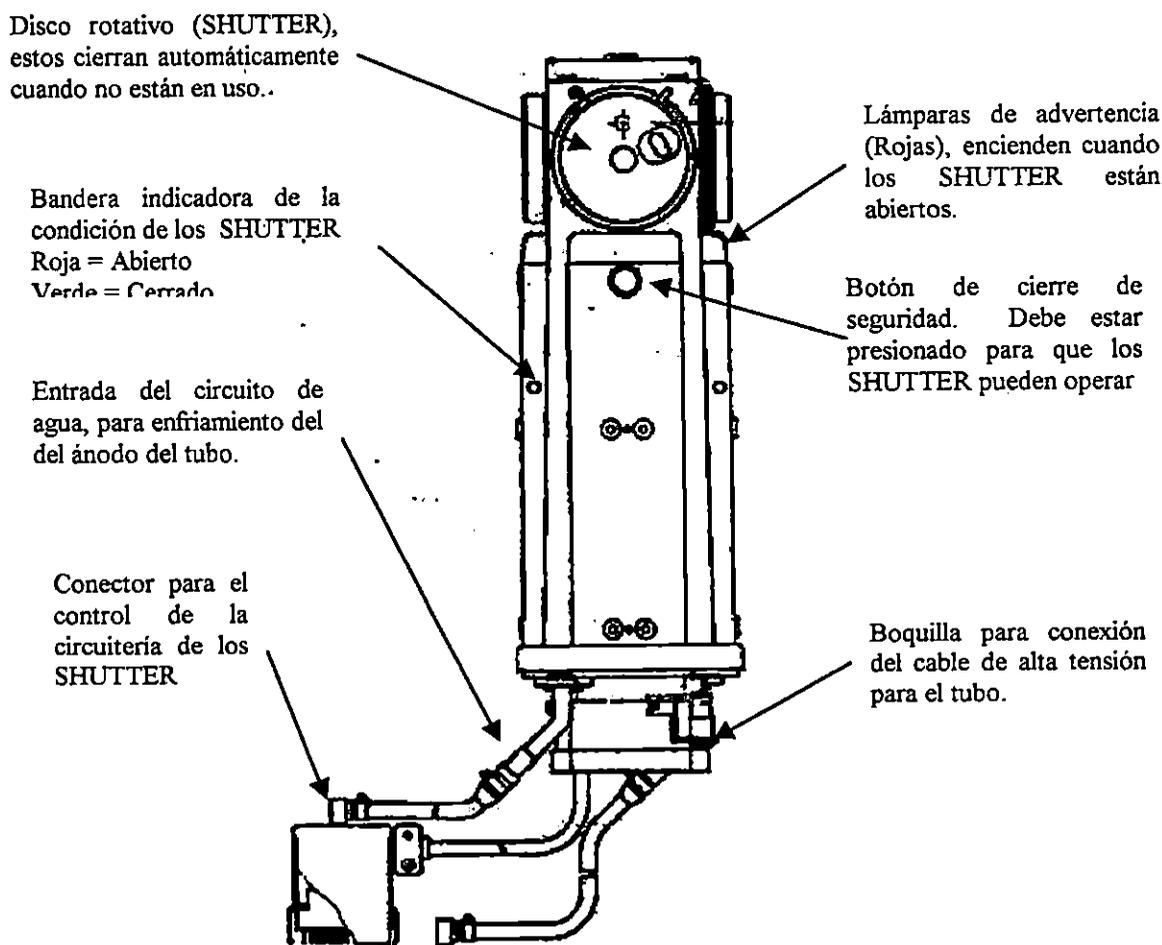


Figura 2.7 , Partes de la torreta del tubo de rayos X, (unidad PW1380).

2.1.3 DIAGRAMA EN BLOQUES DEL CIRCUITO ELECTRICO DE LA UNIDAD PW1730/00.

La unidad básica PW1730/00, se divide fundamentalmente en cuatro bloques: El circuito de generación de potencial constante; El circuito de control de la generación; El circuito de protección contra sobrevoltajes; y El circuito de seguridad.

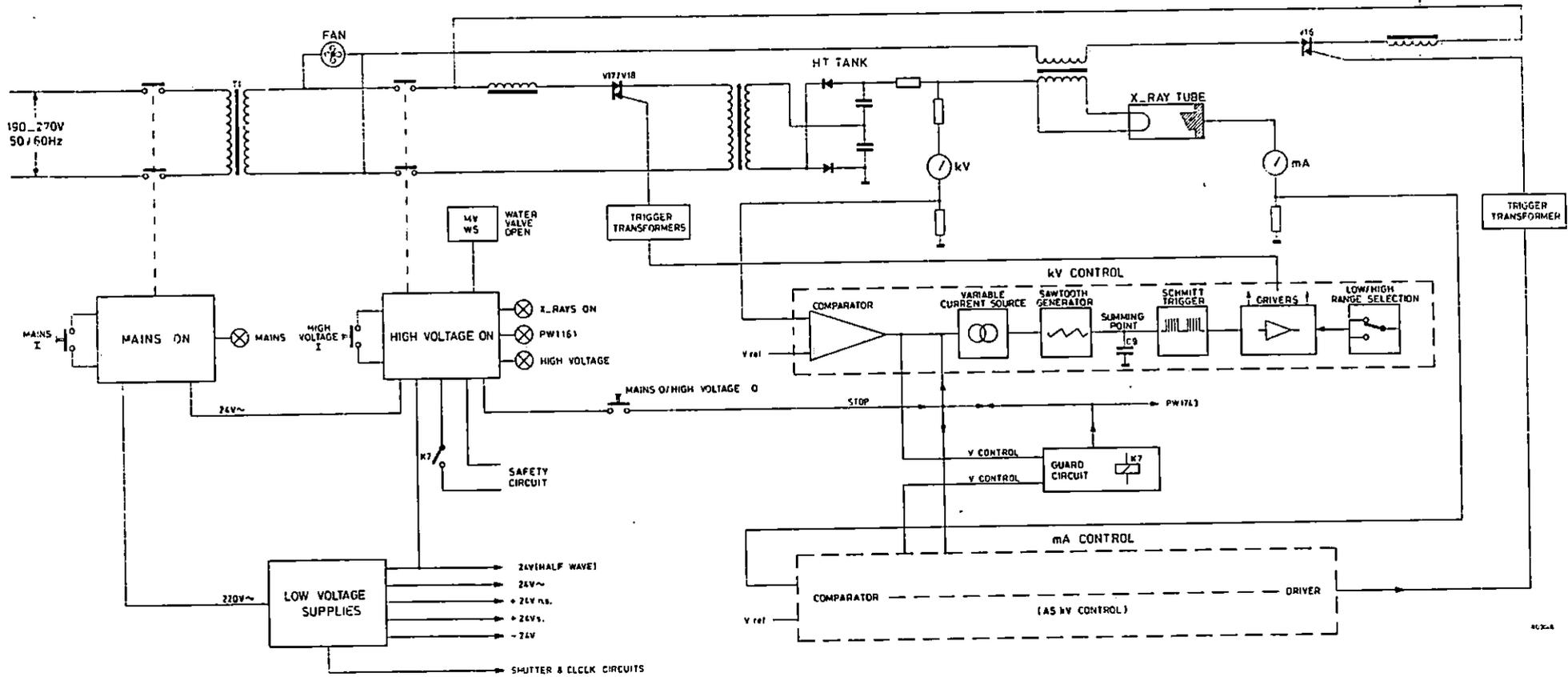
2.1.3.1 El circuito de generación.

Este circuito maneja la generación de las variables de voltaje (kVp) y corriente (I_a), por lo tanto, consta de dos transformadores: (1) Un transformador elevador para aplicar alto voltaje (H.V.) al tubo entre ánodo y cátodo, y (2) Un transformador reductor para controlar la corriente del filamento del tubo y en consecuencia la corriente de ánodo. Para lograr los rangos de voltajes deseados (0 a 60 kV) en la unidad PW1730/00, el transformador elevador de H.V. tiene a su salida un circuito que rectifica y duplica el nivel de voltaje, proporcionando así, una magnitud de voltaje de corriente directa negativo elevado, que se aplica entre el filamento del tubo de rayos-X (Cátodo) y la referencia general del circuito (CZ). Tanto el circuito de generación de alto voltaje como el de corriente, tienen a su salida una red resistiva de medición y muestreo de las variables de voltaje y corriente, que se envían hacia el circuito de control de kV y mA, para establecer un lazo cerrado entre ellos vía triacs.

2.1.3.2 El circuito de control.

El circuito de control tiene la función de monitorear las variables de corriente de ánodo (I_a) y alto voltaje (kV), y generar las señales de control necesarias para que ambos circuitos permanezcan en operación estable. Esta etapa de control esta constituida por: El Circuito de control de KV; El Circuito de control de mA, y Circuito de guarda.

DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA UNIDAD PW1730/00



a) El circuito de control de kV.

El circuito compara una muestra de salida de H.T. con una referencia de voltaje, para generar una onda diente de sierra a partir de una fuente variable de corriente, cuyo valor es proporcional a la diferencia de los voltajes previamente comparados. La pendiente de la onda diente de sierra depende de la selección que se haga en la perilla de control de los kV, y de la muestra que produzca la actual salida de voltaje del transformador de H.T. Posteriormente, se generan pulsos de disparo para establecer el control de todos los medios ciclos de la frecuencia del voltaje de línea (60 Hz). Esta conmutación continua de los triacs mantiene la salida de los kV dentro de ciertos límites.

Para reducir la carga de la fuente de suministro principal, y para evitar un mal funcionamiento, los circuitos de generación de alto voltaje utilizan dos triacs: Uno para el rango de voltajes bajos (< 45 kV), y otro para el rango de voltajes altos (≥ 45 kV).

b) El circuito de control de mA.

El circuito de control de la corriente del tubo es similar a la generación de alto voltaje, con la salvedad de que éste sólo utiliza un triac para controlar el voltaje del transformador de filamento.

c) El circuito de guarda.

Este circuito sensa salida de los circuitos de control de kV y mA, por medio de los comparadores de cada etapa. Si las salidas sensadas están dentro de los rangos de operación normal (0 a +10V), el circuito de guarda manda a que el relé K7 opere, y complete el circuito de seguridad, en caso contrario se bloqueará la generación de H.T.

2.1.3.3 El circuito de protección contra sobrevoltajes.

Este circuito sensa una parte de la amplitud del voltaje de entrada al tanque de H.T. por medio de una derivación fija en el devanado primario del transformador elevador. Al presentarse un sobre-voltaje el circuito pone en operación a un relé que abre el circuito de seguridad, y bloquea la generación de alto voltaje.

2.1.3.4 El circuito de seguridad.

El circuito de seguridad, esta conformado por todos aquellos elementos que directa o indirectamente vigila porque las condiciones mínimas de operación y seguridad se cumplan, para que pueda generarse H.T. en caso contrario, la generación de H.T. se inhibirá.

Las condiciones por las cuales no puede haber generación de H.T son:

1. Al presionar al pulsador viñetado MAINS "0".
2. Al presionar al pulsador viñetado HIGH VOLTAGE "0".
3. Al cambiar la configuración de los interruptores de 1-1 a 1-0, en el panel de control trasero de la unidad PW1730/00. (Para un sistema que opera con un solo tubo).
4. Cuando el flujo de agua es insuficiente (< 3.5 lt/min) para el enfriamiento del tubo.
5. Cuando la lámpara de la señalización X-RAYS ON falla.
6. Cuando el generador de H.T. produce un voltaje mayor a 60 kV.
7. Cuando los controles de los kV y mA no están en posición correcta.
8. Que el circuito de seguridad falle debido a:
 - ◆ La temperatura en el disipador del triac sea mayor a los 75°C.
 - ◆ Las clavijas de seguridad del cable de alta tensión y de la torre del tubo no están en su lugar.

- ◆ Si la temporización de los SHUTTERS no termina en el tiempo preajustado, cuando los otros SHUTTERS están cerrados.

2.2 DESCRIPCION DEL GONIOMETRO HORIZONTAL PW1380.

2.2.1 DESCRIPCION

Otra unidad importante en el sistema de difracción es el goniómetro horizontal cuyo principio básico de funcionamiento ha sido descrito en el capítulo anterior. La unidad PW1380 es un goniómetro con un barrido angular que va de $\theta=360^\circ$ y $2\theta=-65^\circ$ a $+165^\circ$. La difracción de rayos X se basa en el hecho de que los rayos X pueden ser reflejados por cristales. La condición de reflexión de los rayos X se establece a través de la ley de Bragg ($n\lambda=2.d.\text{sen}(\theta)$), donde nos interesa el hecho de que θ representa el ángulo entre el rayo incidente y el plano de reflexión y que 2θ es el ángulo entre el rayo incidente y el reflejado.

En este instrumento el sostenedor de la muestra rota a una velocidad θ y el detector a una velocidad 2θ , ambos rotan sobre el mismo eje, en la misma dirección y una relación de velocidades de 1:2, como es requerido para que se de la reflexión según Bragg. La velocidad de exploración puede ser seleccionada mediante un conjunto de engranajes accesibles por el usuario del goniómetro ($1/8^\circ$, $1/4^\circ$, $1/2^\circ$, 1° , 2° de 2θ por minuto).

Normalmente el goniómetro es manejado por un motor síncrono, que facilita una exploración continua dentro del intervalo angular fijado. Este también puede ser manejado por un motor paso a paso, el cual permitirá una exploración más discreta, ambos controles o formas de exploración están disponibles en la unidad PW1380 (ver

figura 2.10). Es posible también desacoplar el manejador del explorador del detector (manejador 2θ), permitiendo que sólo el manejador θ rote.

La unidad PW1380 provee además la facilidad de poder prefijar intervalos angulares, mediante la colocación de referencias de límites o paradas de exploración, las cuales, al ser alcanzadas detienen el proceso de exploración o invierten el sentido de rotación cuando este límite se alcanza, si el modo de exploración oscilatoria ha sido seleccionado. También es posible el manejo manual de la exploración de θ y 2θ , los contadores indican el desplazamiento angular, los cuales están calibrados para una precisión de una centésima de grado.

2.2.2 ESPECIFICACIONES.

- ◆ Rango de exploración : $\theta=360^\circ$
- ◆ Precisión de lectura : Hasta de 0.01° (en θ y 2θ)
- ◆ Tolerancia : 0.0025°
- ◆ Posibilidades de exploración : θ ó 2θ unidireccional u oscilatorio, con velocidades de $1/8^\circ, 1/4^\circ, 1/2^\circ, 1^\circ, 2^\circ$ (2θ) por minuto.

2.2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

En las figuras 2.9 ,se muestra el principio de operación del goniómetro, en esta se aprecia que un haz divergente de rayos X proveniente de un punto focal, pasando a través del sistema de ranuras divergentes G y B inciden sobre la superficie de un espécimen plano C. Todos los rayos difractados en el ángulo θ , debidamente orientados por la estructura cristalina bajo estudio, convergerán aproximadamente en una sola línea donde

la rejilla D ha sido ubicada, en serie se colocan una rejilla receptora y una rejilla de dispersión, donde esta última orienta la emisión hacia el detector proporcional.

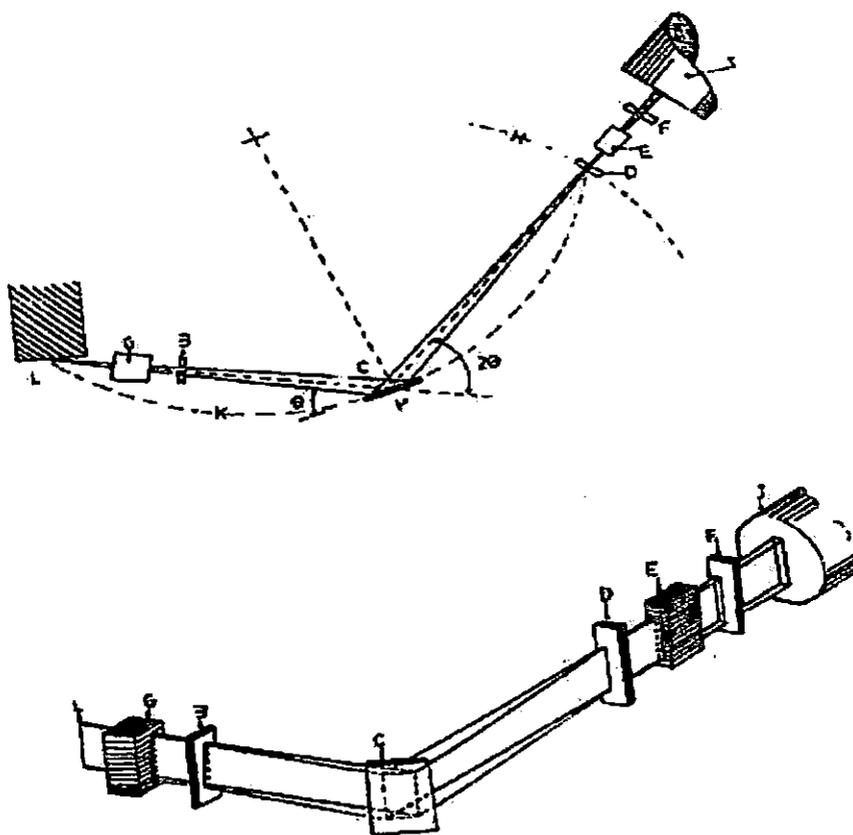


Figura 2.9, principio de operación del goniómetro horizontal PW1380.

La ranura receptora es colocada sobre el círculo H con centro en P con el fin de explorar el ángulo 2θ , la muestra es rotada alrededor de P también, de forma que se mantenga tangencial al círculo K formado por L, P y D. El sistema de ranuras paralelas asegura un intervalo estrecho de líneas difractadas.

Por lo tanto, para que exista una correcta medición del haz difractado en el goniómetro se requiere:

- a) El eje del foco del tubo de rayos X, el eje de ranura de divergencia, la ranura receptora y la superficie del espécimen deben de ser paralelos.
- b) El punto central del foco, ranura de divergencia, ranura receptora y el centro del espécimen deben de formar un plano normal.
- c) La proyección de la superficie del espécimen en el plano del círculo de focalización, deberá formar una línea y ser tangencial al circuito de focalización, en el punto central de la línea. Esto debe de ocurrir en todas las posiciones del goniómetro.

Es necesario apuntar que algunas de las condiciones antes mencionadas, son inherentes a la construcción del goniómetro, otras en cambio son producto del proceso de alineación del mismo.

2.2.4 SELECCIÓN DE LAS RANURAS.Y FILTROS.

Las ranuras para divergencia limitan el haz primario, al usar una ranura de 1° , una muestra de 20 mm de ancho es cubierta por la radiación en un ángulo aproximado de 18.4° (2θ). Al incrementarse el ángulo 2θ el área radiada decrece, pero la intensidad del haz reflejado es constante, puesto que la cantidad total de radiación desde el espécimen permanece constante. El ángulo menor del rango de exploración, determina la abertura angular de la ranura de divergencia a ser usada (ver tabla 1). La apertura angular de la ranura dispersora es la misma que la ranura de divergencia. La ranura receptora, limita el ancho del foco del haz reflejado. La resolución disminuye ligeramente, y la intensidad pico aumenta considerablemente cuando el ancho de la ranura se incrementa. El ancho de la ranura no debe ser menor que el ancho del foco del tubo de rayos X.

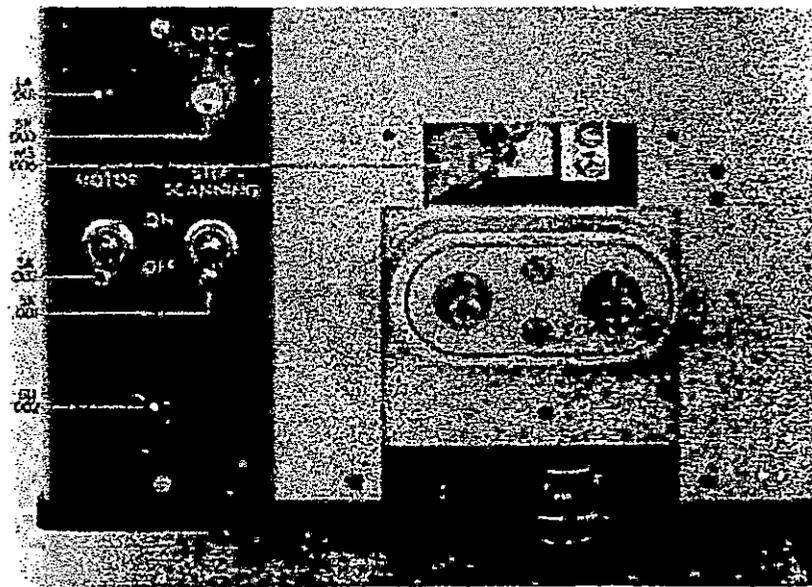
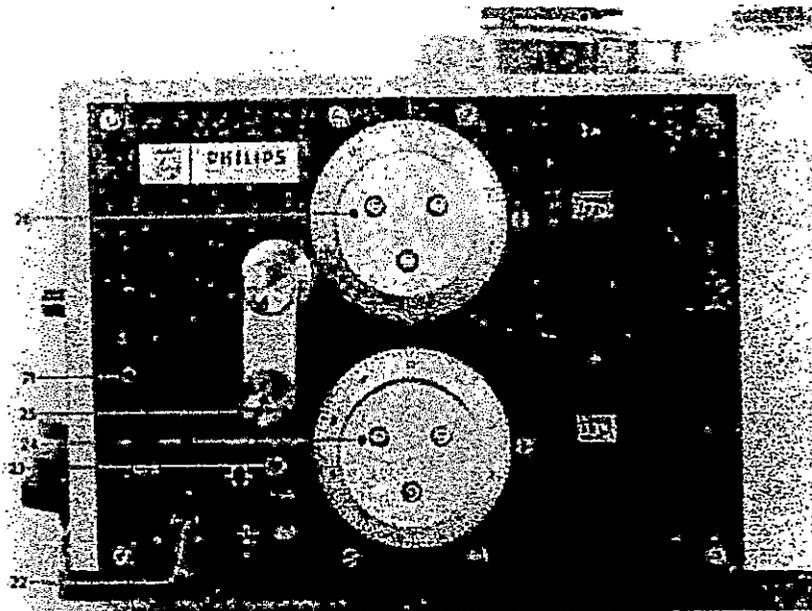


Figura 2.10. Vistas de los controles del goniometro horizontal PW1380.

Tabla 1.

RANURAS DE DIVERGENCIA Y DISPERSION						
Abertura angular (°)	Angulo mínimo (°)	Máxima "d" medible en Å.				
		Mo K α	Cu K α	Co K α	Fe K α	Cr K α
1/30	0.60	66.9	145.3	168.7	182.5	215.8
1/12	1.50	26.6	57.7	72.5	72.5	85.5
1/6	3.00	13.4	29.05	36.49	36.49	43.16
¼	4.60	8.9	19.24	24.16	24.16	28.58
½	9.10	4.45	9.66	12.14	12.14	14.35
1	18.4	2.22	4.83	6.07	6.07	7.18
2	37.2	1.11	2.42	3.04	3.04	3.59
4	78.0	0.56	1.22	1.54	1.54	1.82

Para eliminar las radiaciones K β producidas por el tubo de rayos X, puede colocarse un filtro sobre la ranura receptora. Como el ánodo de nuestro tubo es de cobre (Cu), debe de utilizarse un filtro de Níquel (Ni). Cuando se examinan muestras del mismo material del filtro, se puede usar un filtro de los disponibles en el disco de blindaje del tubo.

Tabla 2

Radiación	Material del ánodo del tubo de Rayos X	Filtro
Cr K α	Cromo	Vanadio (V)
Fe K α	Hierro	Manganeso (Mn)
Co K α	Cobalto	Hierro (Fe)
Cu K α	Cobre	Níquel (Ni)
Mo K α	Molibdeno	Circonio (Zr)

2.2.5 CONTROLES DEL GONIOMETRO HORIZONTAL PW1380

A continuación se describen los controles mecánicos que contiene el módulo del goniómetro horizontal PW1380, (con referencia a la figura 2.10).

Control	Descripción
Selector de embrague - (23)	Este permite el acople o el desacople del motor, ya sea para exploraciones automáticas o manuales.
Palanca de acción manual - (25)	Utilizada para exploraciones manuales.
Selector manejador (θ ó 2θ) - (22)	Permite la rotación simultanea o separada de los manejadores θ y 2θ .
Indicador de ángulo θ - (26)	Inicia el desplazamiento del manejador θ .
Indicador del ángulo 2θ - (24)	Indica el desplazamiento del manejador 2θ .
Selector - (21)	Posibilita el manejo de la exploración 2θ a través del control (26).
SK001	Permite que los manejadores θ y 2θ sean manipulados paso a paso o en forma continua.
Sk002	Interruptor del motor manejador.
SK003	Permite que el goniómetro pueda ser manejado hacia el ángulo menor (-) ó hacia el ángulo mayor (+), u oscilatoriamente.
LA001	Lampara de señalización que indica que el goniómetro esta funcionando.
BU002	Conexión de la fuente del goniómetro.

2.3. MODULO DE CONTROL DE CANAL PW1390.

2.3.1 DESCRIPCION

La figura 2.11, muestra la vista frontal de la unidad PW1390, esta tiene capacidad de ser usada en aplicaciones de espectrometría y difracción, siendo esta última la configuración que se maneja actualmente; la unidad incluye los controles de la fuente de alto voltaje usada para el detector proporcional, contador temporizador, presentador digital e interfaces de salida así como el circuito de control para un graficador de espectros.

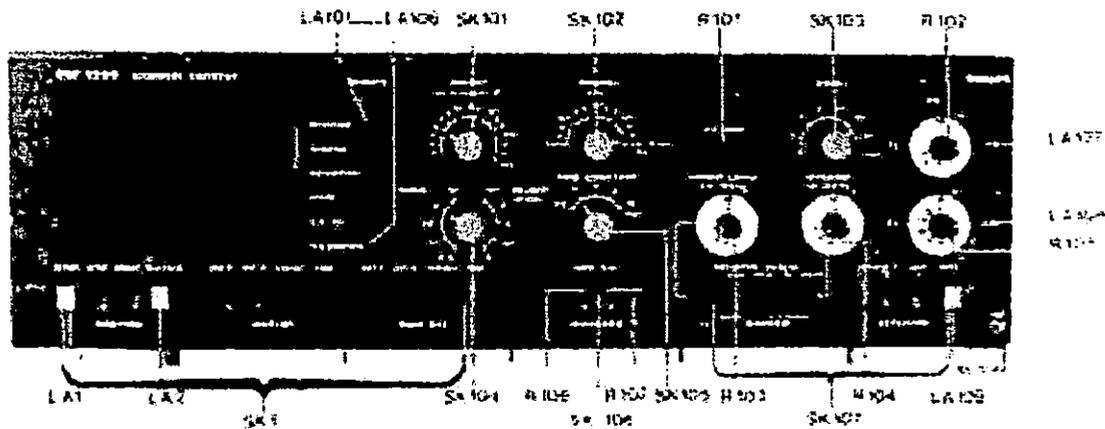


Figura 2.11. Unidad de control de canal PW1390

2.3.2 ESPECIFICACIONES DEL PANEL DE CONTROL.

Fuentes de voltaje

- Rango (1) :500 a 1500 V, positivo (detector de centelleo)
- (2) :1000 a 3000 V, positivo (contador proporcional)
- Corriente (1) :1mA máximo
- (2) :0,1 mA máximo
- Rizado (1) :100 mVpp a 1Ma
- (2) :1mVpp a 0.1Ma

Analizador de Canal

- Pulso de entrada Positivo
- Amplitud del pulso 0 a 4.5 V(respuesta lineal)
- Impedancia de entrada $R_{in} > K\Omega$
- Selección del detector 3 entrada 3 para difracción
- Control de ganancia X1 a x128 en 8 pasos
- Amplificador de salida Impedancia < 100 Ω , protección contra cortocircuitos.
- Nivel Inferior 2.5% a 100%, ó -80mV a -3.2V
- Ventana 10% a 100%, ó -320mV a -3.2V

- Estabilidad	Nivel inferior 0.1 mV/°C Ventana 0.2 mV/°C
-Tiempo muerto	Ajustado a 1μ
-registro	100 a 4x10 ⁵ c/s lineal 3x10 ⁵ c/s logarítmico.
-Exactitud	1% escala lineal, 25% escala logarítmica.
-Constante de tiempo	0.5,1,2,4,10 segundos
-Máximo contraste	2x10 ⁵ c/s
-Capacidad de conteo	9 999 999 (7 décadas)
-Entrada	Compatible con TTL
-Salida del contador	Salida BCD

2.3.3 CONTROLES DE LA UNIDAD PW1390.

A continuación se presenta una descripción general de los controles que constituyen a la unidad de control de canal PW1390.

Control	Descripción
HV	Potenciómetros que fijan el nivel de voltaje que es aplicado al detector proporcional, interesándonos únicamente el control 2x cuyo valor de voltaje va desde 1000 a 3000 Volts.
DETECTOR.	A través de cualquiera de estos cuatro botones se ha de seleccionar la entrada a la sección del amplificador y conformador de pulsos, en nuestro caso debe ser seleccionado el botón 3 para análisis de difracción, el botón TEST aplica una señal de 10kHz. Mediante la cual verifica el correcto funcionamiento del analizador de canal, contadores y registros.
GAIN	Este control atenúa la señal de entrada antes de que esta sea aplicada a un amplificador, puede ser considerada como el control de ganancia. Si la posición 1 es seleccionada la señal es atenuada por 128 y la amplitud de la señal será la original. El factor de ganancia va desde x1 (2 ⁰) hasta 128 (2 ⁷) en 8 pasos.

LOWER LEVEL	Este control es usado en conjunto al control de ventana de pulso, para fijar el nivel de umbral de rechazo de las señales indeseables que son consideradas como ruido. El control opera dentro de un rango del 2.5% al 100% del valor de ganancia de voltaje configurado.
WINDOW (POT,)	Mediante este control se establece el nivel máximo sobre el nivel más bajo, este puede variar dentro de un 10% a 100% de la ganancia de voltaje configurado.
LL	Este control nos permite fijar una ventana de amplitud infinita, posibilitando que toda señal mayor al nivel más bajo establecido sea contada.
WINDOW (BOTONES)	Mediante estos tres botones se selecciona el tipo de ventana requerido para analizar la amplitud de los pulsos a ser contados, esta puede ser: manual variable, manual fija o ventana fija escalonada por el control de registro. *Manual 10-100%, la amplitud del pulso debe estar entre el valor del lower level y el valor fijado por el control WINDOW (Pot.) *Manual del 2%, se establece una ventana fija del 2%. *Recorder 2%, en este modo el voltaje de lower level es derivado del graficador a medida que este avanza.
DT CORR	Corrección de tiempo muerto, este tiempo es fijado para 1us.
RANGE	Mediante este control se establece la máxima cuenta que se puede realizar en el ratemeter y el graficador, es configurada en cuentas por segundo.
TIME CONSTANT	Es la constante de tiempo del ratemeter que puede ser fijada en : 0.5, 1, 2, 4 ó 10 segundos.
RECORDER	Estos dos botones son usados para calibrar la posición cero y la posición correspondiente a 10,000 c./s
PRESET	Selecciona el tiempo de medición, o la máxima cuenta para una medición, puede ser PT(tiempo fijado) ó CP(cuenta fijada).
MODE	El modo de medición puede ser seleccionado como: *%, para usar este modo es necesario medir primero un patrón en el modo "S", luego el espécimen bajo estudio puede ser expresado como porcentaje respecto al patrón. *S ,permite la medición del espécimen patrón cuyo tiempo y medida es almacenado. *PC ,el espécimen es medido hasta que la cuenta alcanza el valor fijado. *PT ,el espécimen es medido hasta que se alcanza el tiempo fijado. *C/S ,es el modo más rápido de obtener resultados, presentando la cuenta dentro de un periodo de 1 seg. Repitiéndose este ciclo continuamente.

REJET LEVEL	Usado únicamente en conjunto con la unidad PW1394.
CONTROL	Formado por cuatro botones que controlan las acciones básicas de la unidad. START: Inicia el conteo. STOP: Detiene el conteo y da un comando de impresión. RESET: Todos los registros de tiempo y cuenta son puestos a cero. RECYCLE: Automáticamente inicial una nueva cuenta cuando la medición anterior es completada y el resultado impreso, este continúa hasta que RESET es actuado.
DISPLAY	Pantalla de salida que muestra ya sea el tiempo, la cuenta o bien el contenido de registros EXT1 y EXT2, cuya información es aplicada externamente.
READ OUT	Direcciona el contenido de los registros TIME, COUNT o EXT!, hacia la interface de salida en el mismo formato del display (la interface son unidades opcionales tales como impresores para este tipo).

La unidad de control de canal, en el caso de análisis de difracción debe usar la entrada de detector #3, y el control respectivo de voltaje para el detector debe fijarse a 1850V como máximo.

2.3.4 DIAGRAMA EN BLOQUES DE LA UNIDAD PW1390

La señal de entrada proveniente del detector pasa por un atenuador o control de ganancia, este permite la mínima atenuación en la posición de x128 y la atenuación máxima en x1 que corresponde al nivel exacto provisto por el detector. Este control debe ser manejado de forma tal que los valores picos provenientes del detector no saturen el amplificador, y los niveles bajos sean suficientemente amplificados a fin de que la información proporcionada sea útil. Además, la mayoría de las escalas de los controles están dados en función de este control de ganancia., tal es el caso del control de ventana, el cual puede variar desde "LOWER LEVEL" hasta un valor infinito o bien sea ajustado entre valores que van del 10% al 100% del valor seleccionado de ganancia.

Al manipular "LOWER LEVEL" o nivel de referencia, permite discriminar toda interferencia producida por ruido eléctrico y radiaciones espurias (background), el valor del selector de amplitud de pulsos (PHS) puede ser fijado eficientemente al seleccionar una ventana manual del 2%, el nivel de referencia es entonces ajustado de manera que las cuentas mínimas sean presentadas, ahora se ha de incrementar el valor del nivel de referencia, de forma que las cuentas pasen por un máximo. Mediante una simple resta de los valores máximo y mínimo se puede determinar el valor de ventana. Se considera como ventana al rango comprendido entre el valor máximo y mínimo en que los pulsos provenientes del detector son considerados como válidos.

Durante el análisis, se produce un tiempo muerto que es corregido por medio de circuitería interna en el modulo de control de canal. El tiempo muerto o el tiempo de resolución es aquel tiempo durante el cual el control de canal (analizador y contador) no acepta un nuevo pulso a ser contado, debido al tiempo que toma el detector proporcional en recuperarse para generar un nuevo pulso y la circuitería utilizada en su análisis. La corrección del tiempo se ajusta a $1\mu s$, que es el tiempo que corresponde a los detectores proporcionales.

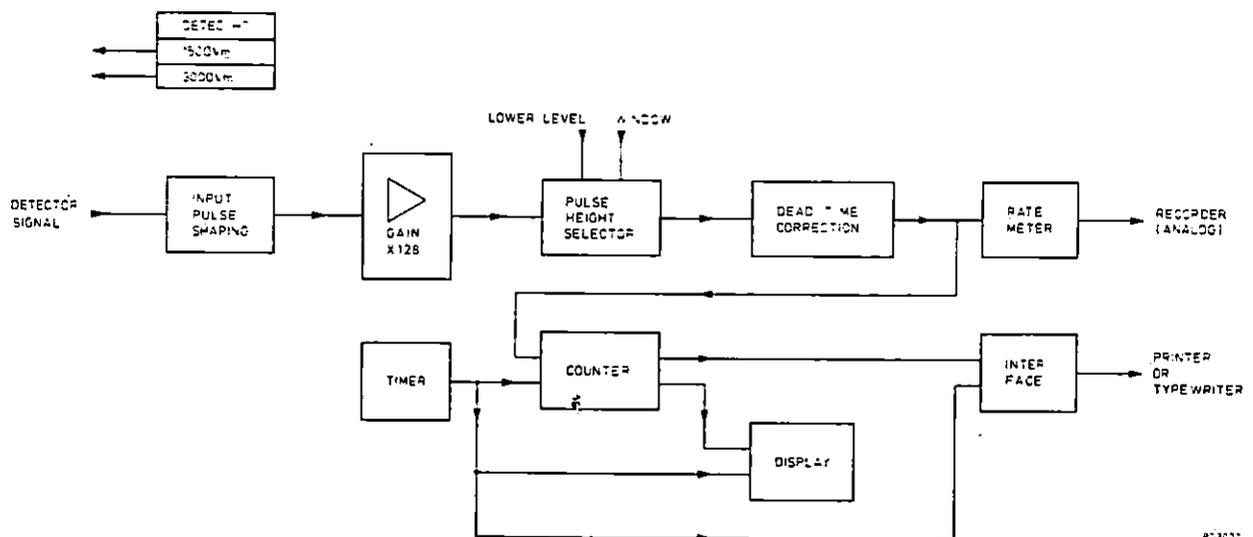


Figura 2.12. Diagrama en bloques de la unidad control de canal.

2.4 RESULTADO FINAL DEL SISTEMA DE DIFRACCION

Al integrar en su conjunto las unidades de: Generación de alto voltaje, el goniómetro horizontal, y la unidad de control de canal. El sistema es capaz de brindar al usuario los resultados del análisis por difracción con las características siguientes:

Una representación gráfica del espectro de difracción de la muestra bajo análisis, reproducida por un graficador analógico (unidad PW1362), tal como se muestra en la fig. 2.13.

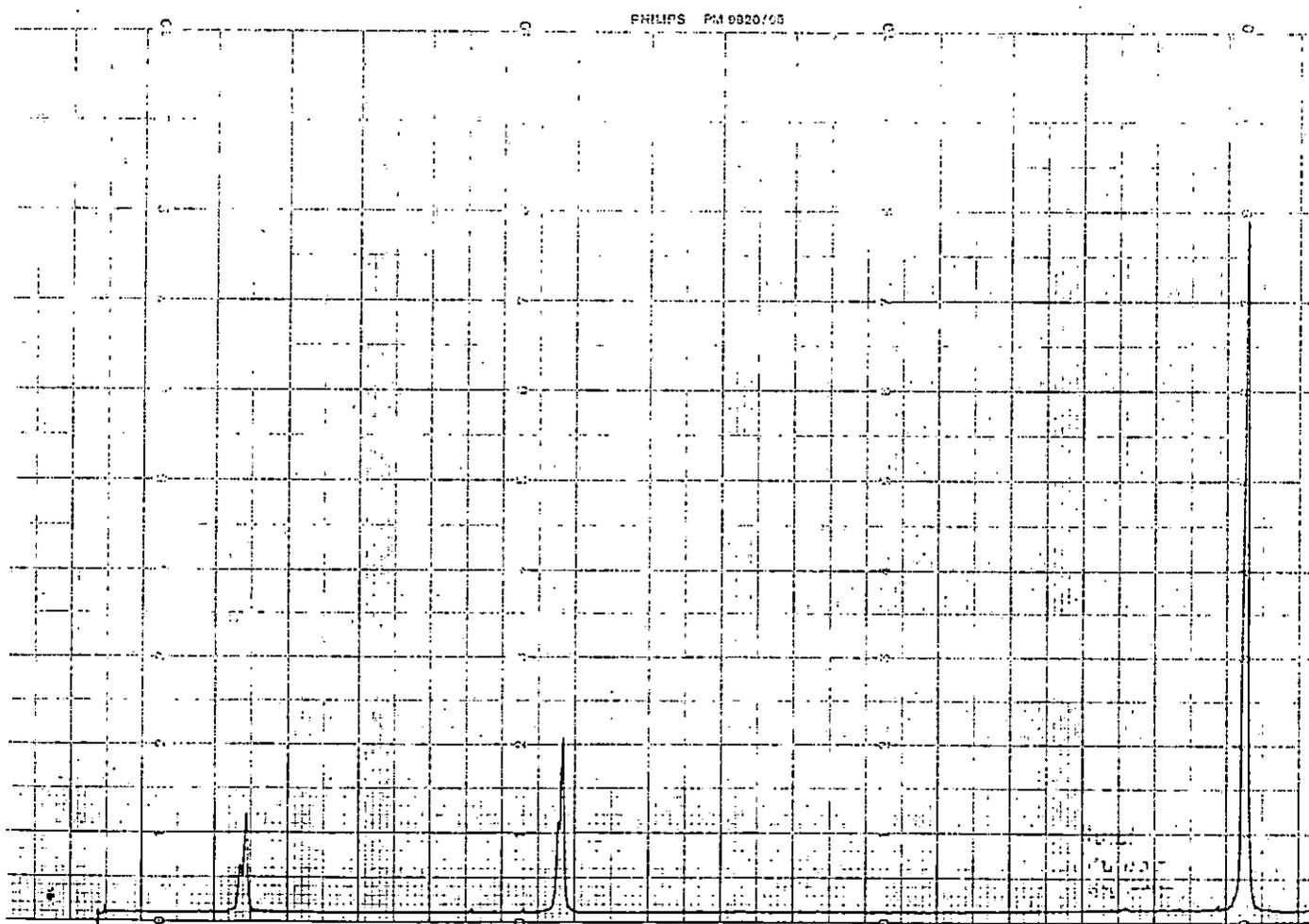


Fig. 2.13 Representación gráfica del espectro de la muestra obtenida con el graficador

La figura 2.13 es una reproducción a escala (aproximadamente 1:2) de la gráfica original. Cuyo formato es en papel continuo de 11"x3" (que es especial para el sistema PW1730).

El espectro de la fig. 2.13 corresponde al estándar de silicio cuyas condiciones de análisis fueron:

Muestra de silicio puro (estándar de silicio)

C/S: 20,000

Ganancia: 64

Velocidad del papel: 1cm/minuto.

KV: 40Kv

mA: 30

Anodo del tubo: Cu

Filtro: Ni

Constante de tiempo: 1 segundo.

Con el gráfico del espectro, y los datos de la configuración del control de canal, el usuario está en posibilidad de encontrar en forma manual mediante geometría, los ángulos e intensidades de cualquiera de los picos del espectro. Para luego proceder al cálculo del parámetro "d" lo cual permitirá la búsqueda en el manual apropiado del mineral o cristal en estudio.

De éste método se pueden hacer las observaciones siguientes:

- Debe de usarse consumibles especiales para el graficador de espectros, tales como plumas y papel continuo especial.
- El usuario debe de marcar en la carta el punto de inicio del gráfico, para poder usar los métodos gráficos, para el cálculo de picos e intensidades.

- La confiabilidad de los resultados dependerá del usuario, el cual debe de ser cuidadoso con sus cálculos, o apreciaciones.
- Para rangos grandes de exploración, se producen tiras de papel grandes, haciendo su manejo difícil. (Archivo voluminoso).
- El cálculo de ángulos, intensidades y parámetros como “d” debe de realizarse en forma manual.
- La búsqueda del material que coincida con los parámetros “d”, es difícil y extenuante, dependiendo de si los picos fueron seleccionados adecuadamente y no hay error en los cálculos, esta tarea puede ser hasta frustrante. Requiriéndose algunas veces días de trabajo para identificar un cristal.

CONCLUSIONES

1. La producción del alto voltaje por la unidad de generación constante PW1730/00, se efectúa por medio de un transformador elevador monofásico, que utiliza un circuito rectificador doblador de voltaje para generar 60kV, que es el límite máximo especificado por la unidad PW1730, y el máximo obtenible en un tipo de generador monofásico.
2. El ajuste en el rango del barrido angular que efectúa el goniómetro es de forma manual, por lo tanto, la exactitud de los resultados obtenidos dependen de la estimación que el operador adopte.
3. El experimentador deberá seleccionar el filtro adecuado para eliminar las radiaciones K β .
4. Es necesaria una calibración previa a la puesta en marcha del sistema, especialmente a la unidad de control de canal PW1390, para que el espectro de difracción no se vea afectado por un trasfondo ruidoso.
5. Si se quiere mejorar la resolución del espectro de difracción, es necesario reducir la velocidad del goniómetro. Esto se logra cambiando dos engranajes que se encuentran en la parte trasera del mismo.
6. El usuario debe de velar porque las condiciones del lazo de seguridad en el sistema de difracción PW1730/00 se satisfagan plenamente. A fin de obtener resultados satisfactorios que protejan al usuario y al equipo, contra eventuales fallas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Phillips, (1973), "Manual de operación del generador PW1730"
2. Phillips, (1973) "Manual de operación del control de canal PW1390"
3. Phillips, (1973) "Manual de operación del goniómetro horizontal PW1380"
4. Phillips, (1973) "Kit de difracción PW1349"
5. Camton, A.H (1963), "X-Rays in theory and experiment", D. Von Nostrand.
6. Clark, George (1955), "Applied X-Rays", McGraw-Hill, Cuarta Edición New York.

CAPITULO III

“INTERFAZ PARA AQUISICION DE DATOS PARA EL SISTEMA DE DIFRACCION PHILLIPS PW1730”

3.0 Introducción.

En el presente capítulo se desarrolla el concepto fundamental de la adquisición de datos y su aplicación práctica en el desarrollo de una interface, que permite al equipo de difracción descrito en los capítulos anteriores, comunicarse con una computadora, volviéndose en una poderosa herramienta en el campo de la cristalografía.

La exposición comienza con una explicación breve de la adquisición de datos, los criterios elementales para el diseño de un interface conectada al bus de una computadora que sea compatible con la arquitectura de IBM, para ello se expone detalladamente el bus de expansión.

Atención particular se pone sobre el periférico 8254 (PIT), que es el elemento principal del diseño de la interface propuesta como solución al sistema de difracción existente.

El capítulo finaliza con la exposición de lo que consideraremos como "la interfaz de usuario", la cual es dividida en dos grandes partes, el software de adquisición de datos, el cual permite la comunicación entre la computadora a través del manejo de la interface y el módulo de control de canal pw1390.

Al final se encontrará un listado de características que la siguiente sección de la interfaz de usuario debe de cumplir, esta se refiere al software de análisis de los datos

adquiridos. Proponiéndose un programa en particular de los muchos disponibles en el campo de la cristalografía.

3.1 ADQUISICIÓN DE DATOS.

3.1.1 Concepto

Tradicionalmente las mediciones son hechas en instrumentos aislados y especializados de diferente tipo. Para este caso la medición es hecha por un detector proporcional cuya señal es conducida hacia un analizador de canal; pero existe la necesidad de archivar las mediciones hechas, para posteriormente procesar esta información.

Existen diferentes formas por las cuales la información puede ser intercambiada entre los instrumentos de medición y la computadora. Algunos instrumentos tienen puerto serial a través del cual se pueden comunicar con la computadora o a cualquier otro dispositivo. Existen dispositivos equipados con interface GPIB (General Purpose Instrumentation Bus), permitiendo la transferencia de datos en forma paralela.

Otra forma de medir las señales y transferir los datos hacia la computadora, puede ser hecho mediante el uso de una tarjeta de adquisición de datos (DAQ). Una tarjeta comercial de adquisición de datos, comúnmente contará con circuitos convertidores analógico/digital, digital /analógico que permite la entrada y salida de señales digitales o análogas.

3.1.2 Características básicas de la adquisición.

De la relación instrumento computadora dependerá la calidad de los datos colectados, para nuestro caso particular se ha tomado en consideración las capacidades existentes en el equipo de difracción, estableciéndose las siguientes características necesarias de la tarjeta del proceso de adquisición:

- a) utilizar las capacidades fundamentales del analizador de canal (unidad pw1390)
- a) comunicación unidireccional, del sistema de difracción a la computadora.
- b) De fácil implementación.
- c) Bajo costo.
- d) Confiabilidad, que permita muy poca pérdida de información.

3.2 DISEÑO DE INTERFACE

3.2.1 Criterios de diseño

Dentro de las consideraciones elementales que debe hacerse cuando se diseña una interface, están la capacidad de manejo de las señales del bus que van hacia la interface, así como la capacidad de la interface de soportar la carga que representa el Bus. En la práctica hay algunas reglas útiles, que permitirán la realización de un buen diseño sin sobrecargar el Bus, dentro de estas se puede mencionar:

- a) No conectar dispositivos NMOS LSI directamente al bus del sistema, ya que estos dispositivos tienen poca capacidad de manejo o de ser cargados, de forma tal que no soportan señales de carácter transitorio y nivel negativo que suelen aparecer en el bus del sistema.

- b) No presente más de dos dispositivos LSI TTL como carga al bus.
- c) No coloque líneas excesivamente largas, que lleven o extiendan las señales del bus a la tarjeta prototipo ya que esto genera una capacitancia excesiva, que provocará distorsión y retraso en las señales del bus.
- d) Se debe de considerar los límites de potencia disponibles en el bus del sistema, normalmente las fuentes de poder de una PC puede suministrar típicamente 4A para todos sus dispositivos asociados a la tarjeta madre inclusive, de ahí que una buena consideración sería disponer de 1A por cada tarjeta de expansión conectada al bus.
- e) Es importante el desacople entre la fuente de poder y la interface, dado que los sistemas digitales tiene una demanda muy variable de potencia, que dependen de la operación que se este verificando en un tiempo dado, entonces el desacople es necesario, de forma que la potencia instantánea demandada no sea totalmente suministrada por la fuente de energía. Se puede apuntar que los cables y pistas en las tarjetas suman inductancia a la fuente de poder, esto redundo en que la fuente no puede responder rápidamente a las demandas pico de energía. Con el fin de solucionar este problema, capacitores de desacople son necesarios. Estos deben de ser situados en puntos importantes del circuito para que parte de la energía que el circuito demande en forma repentina, sea drenada desde estos.

Para fluctuaciones de energía que sucedan lentamente y de magnitud significativa se recomienda el uso de capacitores de 10 a 50 uf. Es muy importante el desacople que de la línea de 5V ya que esta soportará en la mayoría de los casos la corriente más grande hacia la interface.

Para altas frecuencias y pequeños transitorios, deben de usarse capacitores de cerámica de 10 a 100 nf. Estos capacitores deberán ser situados, entre los pines de tierra y alimentación de los dispositivos de transitorios de corriente elevados; tales como los

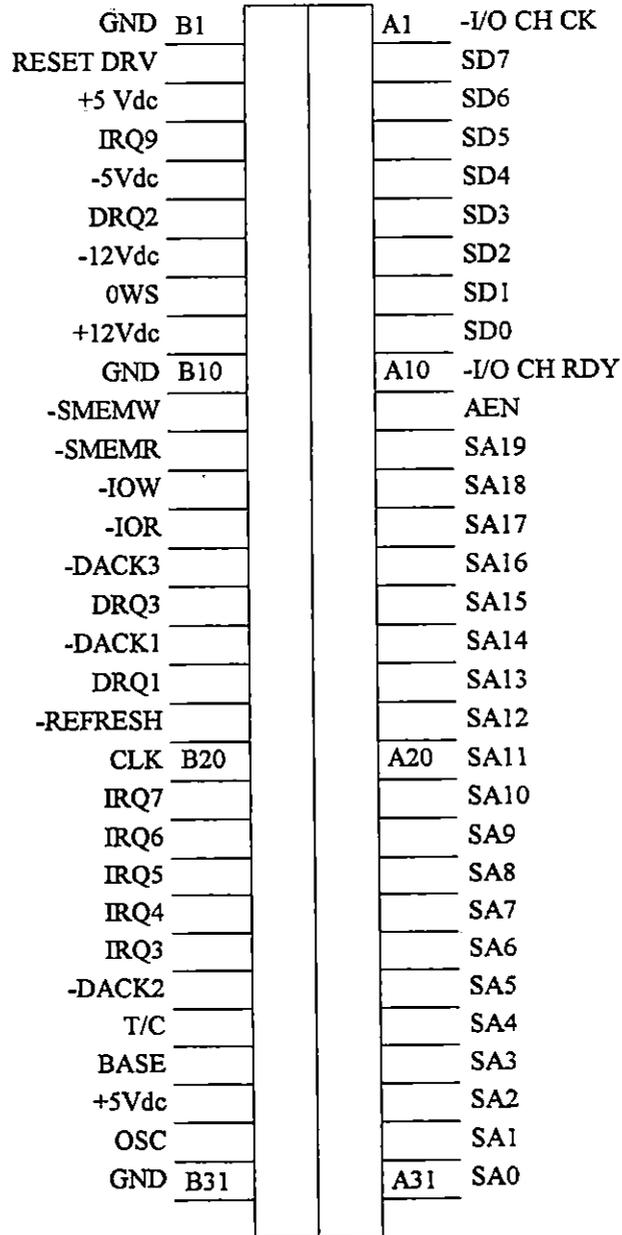
chips de la familia TTL, bus drivers y transivers , chips LSI, y dispositivos de velocidades altas de conmutación.

Disposición del mapa de puertos de entrada y salida.

Es necesario conocer la disposición de las direcciones de entrada/salida, esto con el fin de generar una adecuada señal de selección de chip (CS). El siguiente cuadro resume esta distribución:

DIRECCION	DISPOSITIVO
1F0-1F8	DISCO DURO
200-207	PUERTO DE JUEGOS I/O
278-27F	LPT 2
2F8-2F7	COM 2
300-31F	INTERFAZ PROTOTIPO
360-36F	RESERVADO
378-37F	LPT 1
380-3AF	SDLC BISINCRONO2
3A0-3AF	BISINCRONO 1
3B0-3BF	MONITOR
3C0-3CF	RESERVADO
3D0-3DF	MONITOR A COLORES
3F0-3F7	CONTROLADOR DE DISCO FLEXIBLE
3F8-3FF	COM1

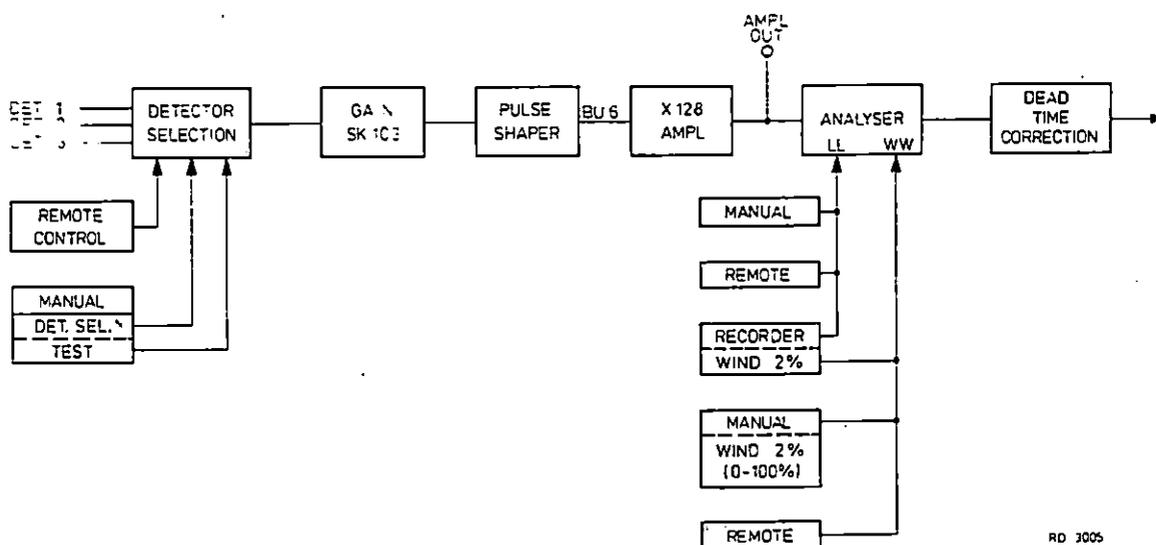
Distribución de señales en el bus de expansión de una computadora IBM compatible.



3.3 PROPUESTA DE INTERFACE

3.3.1 Resumen del estado actual del equipo de difracción.

3.3.1.1 diagrama en bloque del analizador de canal.



RD 3005

En la fig. 3.1 se muestra el diagrama en bloques de la unidad de control de canal del equipo de difracción.

Se puede apreciar claramente las etapas (descritas en detalle en el capítulo 2), que la señal proveniente del detector recorre hasta alcanzar el dispositivo actual de presentación de datos ; el graficador de espectros y el presentador en la unidad pw1390.

3.3.1.2 Señales disponibles y su naturaleza.

Al considerar la señal de entrada al pw1390 proveniente del detector, montado en el goniómetro y siguiendo su curso normal, nos encontramos primeramente con la señal original del detector proporcional, esta señal es de tipo gaussiana y de muy poca amplitud. La señal esta disponible en el PW1390 en el punto "AMPL OUT" luego de recorrer las etapas de preamplificación, conformación de pulso y el amplificador X128, los niveles disponibles en este punto si bien representan una serie de pulsos debidamente conformados y de amplitud constante como para ser considerados señales digitales, no son compatibles con TTL. Siguiendo el curso de la señal llegamos hasta el bloque de corrección de tiempo muerto, en este punto la señal tiene las siguientes características:

a. la circuitería del control de canal ha permitido la manipulación de esta, permitiendo el filtrado de la señal y su acondicionamiento de modo que sólo aquellos pulsos que cumplan las condiciones sean presentados en el graficador y el display, los pulsos provenientes del corrector de tiempo muerto son compatibles con TTL.

3.3.1.3 CRITERIO DE INTERVENCION EN EL CONTROL DE CANAL

Ya se vio anteriormente las señales disponibles en tres puntos diferentes del sistema de difracción, de ahí que las mejores condiciones para la adquisición de datos están en aquel punto cuya señal presenta las características de ser compatible con TTL y haber sido ya tratada por la circuitería del control de canal, esto es en cuanto al tamaño de ventana, ganancia y todos los controles asociados al control de canal.

Por ello se ha escogido el punto a la salida del bloque de corrección de tiempo muerto para tomar la señal que será manejada por la interface propuesta.

3.3.1.4 CONCEPCION DE LA SOLUCION

Se plantea construir una interface que permita adquirir la señal digital proveniente del control de canal, esta interface debe de poder realizar las siguientes funciones:

- a) Operar como contador de eventos, de manera de posibilitar la lectura continua de los pulsos provenientes del detector, los cuales expresados en cuentas por segundo (c/s) son proporcionales a las intensidades del haz difractado por la muestra bajo análisis.
- b) Sincronizar el inicio de la exploración del goniómetro con el inicio de la adquisición de datos.
- c) Poder ser alojada en una computadora IBM compatible .
- d) Permitir mediante rutinas de software el manejo de la misma.
- e) Generar archivos compatibles con programas de análisis de difracción.

3.3.2 COMPONENTES ASOCIADOS A LA INTERFAZ PROTOTIPO.

3.3.2.1 El PIT 8254

Criterio de selección del PIT

Este dispositivo es útil para generar tiempos de retraso controlados por software, esto en contraposición a la generación de retrasos a través de software mediante el uso de instrucciones de lazo. Aquí el programador configura el intervalo de temporización que se adecuen con mucha precisión a los requisitos del sistema, programando el contador para el retraso deseado.

Algunas tareas de temporización , conteo o generación de funciones de salida requeridas por el microprocesador pueden ser: generación de reloj, contador de eventos, emisiones simples (one-shot), generador de onda cuadrada y otras más. Resultando el PIT un elemento de mucha utilidad en estas funciones.

El temporizador de intervalos programables (PIT), es un elemento totalmente compatible con la arquitectura de computadoras IBM , de fácil conexión al bus tipo ISA de cualquiera de estas, se utiliza para implementar el circuito "Ratometer" en la interface diseñada para adquirir datos desde la unidad PW1390. Configurándolo en modo 0, como contador de eventos y en modo 4 para el control del goniómetro.

Dentro de las características del PIT se puede mencionar las siguientes:

- Compatibilidad con la familia de microprocesadores INTEL y mayoría de los restantes fabricantes.
- Alta velocidad de desempeño, 8 Mhz
- Tres contadores independientes.
- Compatible con TTL
- Seis modos de conteo programables.
- Conteo Binario o BCD

Cada contador posee una entrada de reloj, mediante la cual se realiza el conteo y una entrada GATE que habilita al contador. Cada uno puede ser programado en cualquiera de los modos siguientes:

- 0 Contador de eventos
- 1 One-shot programable
- 2 Generador de proporción
- 3 Generador de onda cuadrada

- 4 Strobe gatillado por software
- 5 Strobe gatillado por hardware.

Para la aplicación presente, se programa mediante el software de adquisición FENIX el contador 0 en modo 0 y el contador 1 en modo 4. El contador 0 es el que cuenta los pulsos provenientes de la unidad control de canal PW1390, los cuales están debidamente acondicionados por los controles de esta unidad, luego de inicializar este contador el se decrementa por cada pulso recibido y en sucesión de intervalos de un segundo (Ratemeter). El contador 1 en su modo de operación 4, permite el control del goniómetro, sincronizando sobre todo el momento de inicio de la adquisición.

Es importante señalar que el estado de los contadores al momento del arranque de la computadora anfitrión es indefinido, existiendo entonces la necesidad de ejecutar rutinas de inicialización antes del uso de cualquier contador que permitan su adecuado funcionamiento.

Toda la rutina inicialización y control del PIT es realizado a través del programa Fénix según el flujograma que se muestra en el siguiente recuadro.

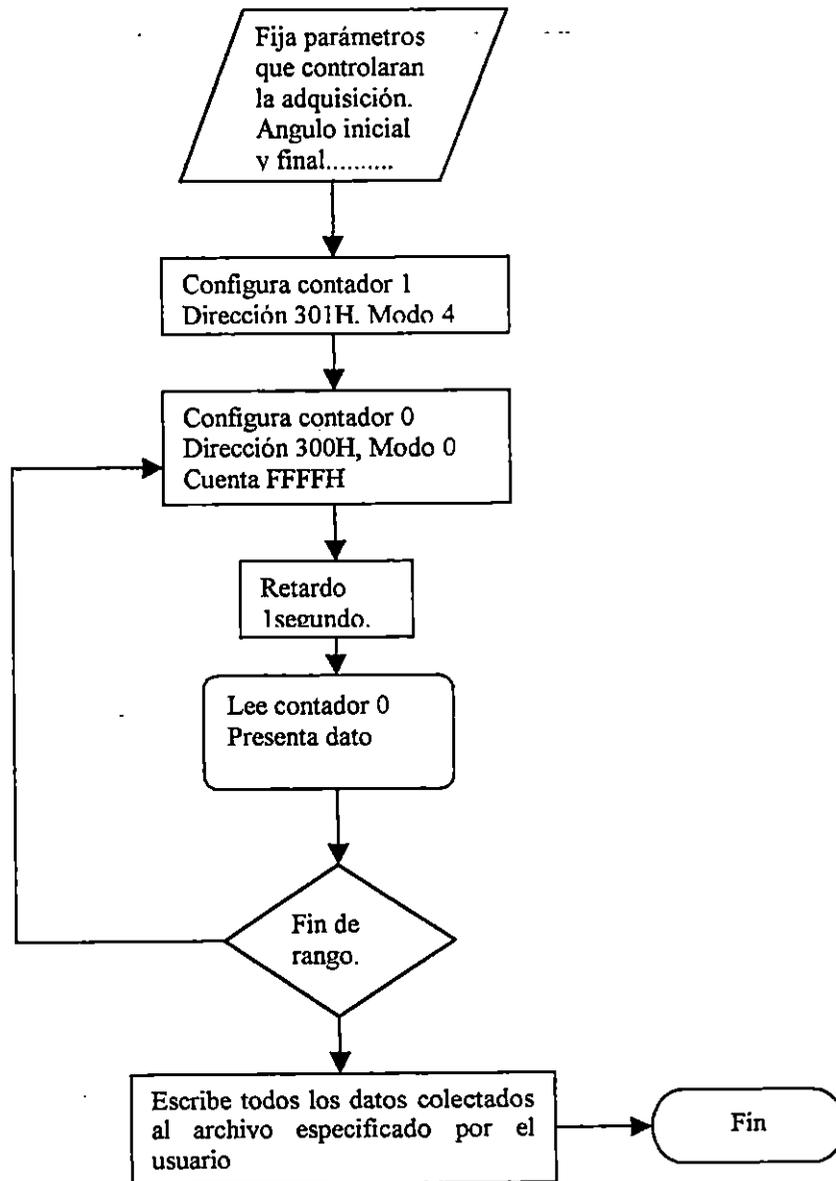


Figura 3.2. Secuencia de ejecución y configuración del PIT

Diagrama del circuito de la Interface

El diagrama de la fig. 3.3 representa en forma exacta las conexiones de la interfaz diseñada, cuyo circuito principal es el PIT. Pueden distinguirse también los siguientes elementos:

74SL245: IC Buffer bidireccional, aísla el bus de datos de sistema de la tarjeta interfaz.

74LS688: IC comparador de 8 bits, para decodificar el rango de direcciones de entrada y salida de la interfaz.

7474: IC flip-flop D controlado por el contador 1. del PIT para manejo del relé que gobierna al goniómetro.

Relé 2 polos 2 tiros.

3.4 INTERFACE DE USUARIO.

3.4.1 Criterios del software de adquisición

Existe la necesidad de poder manejar toda la información adquirida por el hardware propuesto, los criterios que se han establecido son los siguientes:

- a. Rutinas sencillas que permitan leer los datos disponibles en la tarjeta interface.
- b. Poder inicializar y finalizar el proceso de adquisición de datos en sincronía con el goniómetro.
- c. Realizar la presentación gráfica de los datos en tiempo real.

3.4.2 Programa de adquisición.

En consideración a los requisitos planteados en el numeral precedente, se elaboró el programa de adquisición FENIX. El cumple con todos los requisitos establecidos y representa el punto de entrada para el análisis de materiales usando el equipo Phillips PW1730.

FENIX ha sido elaborado para trabajar en ambiente Windows 3.1 o superior permitiendo al usuario la comodidad del ambiente multitarea.

En virtud de ser el primer eslabón en la cadena de herramientas de software, este posee dos grandes virtudes. La primera, se comunica con la tarjeta interfaz diseñada para adquirir datos que por su naturaleza puedan ser contados y explícitamente con el equipo Phillips PW1730, es capaz de generar un archivo con la estructura siguiente:

PHILIPS XRD SCAN: Encabezado del archivo

ANGULO INICIAL: Angulo inicial de la exploración

ANGULO FINAL: Angulo final de la exploración

PASO ANGULAR: Angulo recorrido por segundo.

ANODO DEL TUBO: material del ánodo del tubo usado

LONGITUD DE ONDA: Longitud de onda generada por el material del tubo usado.

FECHA: fecha de la adquisición de los datos

VELOCIDAD DE EXPLORACION: Expresada en grados por minuto

*:: Comentarios

SCANDATA: Bandera de inicio de datos

DATO: a partir de aquí, datos válidos para el análisis

DATO: datos tabulados en una sola columna.

DATO

El formato anterior corresponde a un archivo *.cpi (cuentas por intervalo en código ASCII). Formato característico de Diffraction Technology, y el cual se escogió en función del software de análisis propuesto, "Traces" el cual es capaz de abrir archivos *.cpi o convertir los de otros fabricantes como; Siemens, Philips, Rigaku y Scintog, a formato *.cpi.

La segunda, esta elaborado en forma modular y sencilla, que permitirá la adopción de éste para futuras mejoras, la primera de ellas puede ser la identificación de minerales a través de la creación y manejo de una base de datos por el programa Fénix..

Las funciones del programa FENIX son:

-Primarias

- Comunicarse con la tarjeta interfaz , adquirir los datos de la unidad PW1390
- Generar un archivo *.cpi. mediante sus rutinas y los datos introducidos por el usuario.

-Secundarias

- Presentar una gráfica en pantalla, ya sea en tiempo real o diferido , de los datos colectados.
- Manipular el tipo de gráfico a presentar
- Impresión del difractograma.
- Copia del gráfico al portapapeles de Windows.

En el anexo B puede encontrarse una explicación más detallada de las funciones del programa FENIX..

3.4.3 Propuesta de software de análisis.

El fin último del equipo de difracción que en este trabajo nos ocupa, es poder identificar una muestra mineral o cualquier otra tarea permitida mediante la aplicación del fenómeno de difracción. El punto de entrada para este análisis lo ha representado la adquisición de los datos provenientes del equipo de difracción

3.4.3.1 Características básicas del software de análisis

- a. presentación gráfica del espectro adquirido
- b. identificación de picos en el espectro
- c. determinación de la variable "d"
- d. cálculo de áreas.
- e. generación de archivos de picos que puedan ser relacionados con alguna base de datos.

El programa que se utilizará para efectos de demostración será el "TRACE". Este programa es uno de los muchos disponibles en el mercado, que permite el manejo de datos adquiridos por sistemas de difracción de diferentes fabricantes como lo son Philips, Siemens, Diffraction Technology entre otros. Dependerá del usuario, para este caso el CIAN, la adopción de éste u otro software para el posterior tratamiento de los datos colectados adquiridos por FENIX

Dentro del software disponible para cristalografía, existen programas para encontrar picos, simular estructuras cristalinas y bases de datos de cientos de miles de cristales. Actualmente Internet es una fuente muy buena de información para el área de cristalografía se puede mencionar los lugares siguientes:

www.lmcp.jussieu.fr/

Lugar en el cual se puede encontrar direcciones de organizaciones y universidades que trabajan en el área de difracción.

www.icdd.com/

International Center for Diffraction Data.

Organización que constantemente actualiza la base de datos de cristales que constantemente se clasifican a nivel mundial.

www.difftech.com/

Diffraction Technology, propietario del programa "Traces"

3.5 ACTUALIZACION DEL SISTEMA

En el capítulo II se describió el estado, funcionamiento y salida de información del sistema de difracción original, se pudo apreciar que la interpretación y uso de los datos es difícil y trabajoso. En el capítulo III se ha planteado los criterios para construir tanto la interface de adquisición de datos como la de usuario.

Uno de los objetivos del presente trabajo ha sido “Actualizar el equipo”, y dicha actualización ha consistido en el diseño, construcción e instalación en una computadora de las interfaces de adquisición de datos y de usuario. Lo cual ha permitido simplificar la tarea de identificación de estructuras cristalinas, al unir el sofisticado sistema de difracción Philips PW1730 con el poder de análisis a través de una computadora, pudiendo destacarse las ventajas siguientes:

- El espectro es presentado en el monitor de la computadora y puede ser impreso en cualquier impresor, aboliéndose el uso de papel especial.
- El análisis ya no depende del espectro en papel.
- Los cálculos de los picos, intensidades, espacios interplanares (“d”) son realizados totalmente por el software.
- Los datos adquiridos son compactos y de fácil manejo en formato de archivos de computadora.
- Menor tiempo invertido en la identificación de estructuras, ya que los datos pueden ser relacionados en amplias bases de datos existentes o creadas por el usuario.
- Se facilita la elaboración de reportes de los resultados obtenidos.

En la fig. 3.4 se muestra el espectro de los datos adquiridos por la tarjeta construida a través del programa FENIX, y analizados mediante el software TRACES.

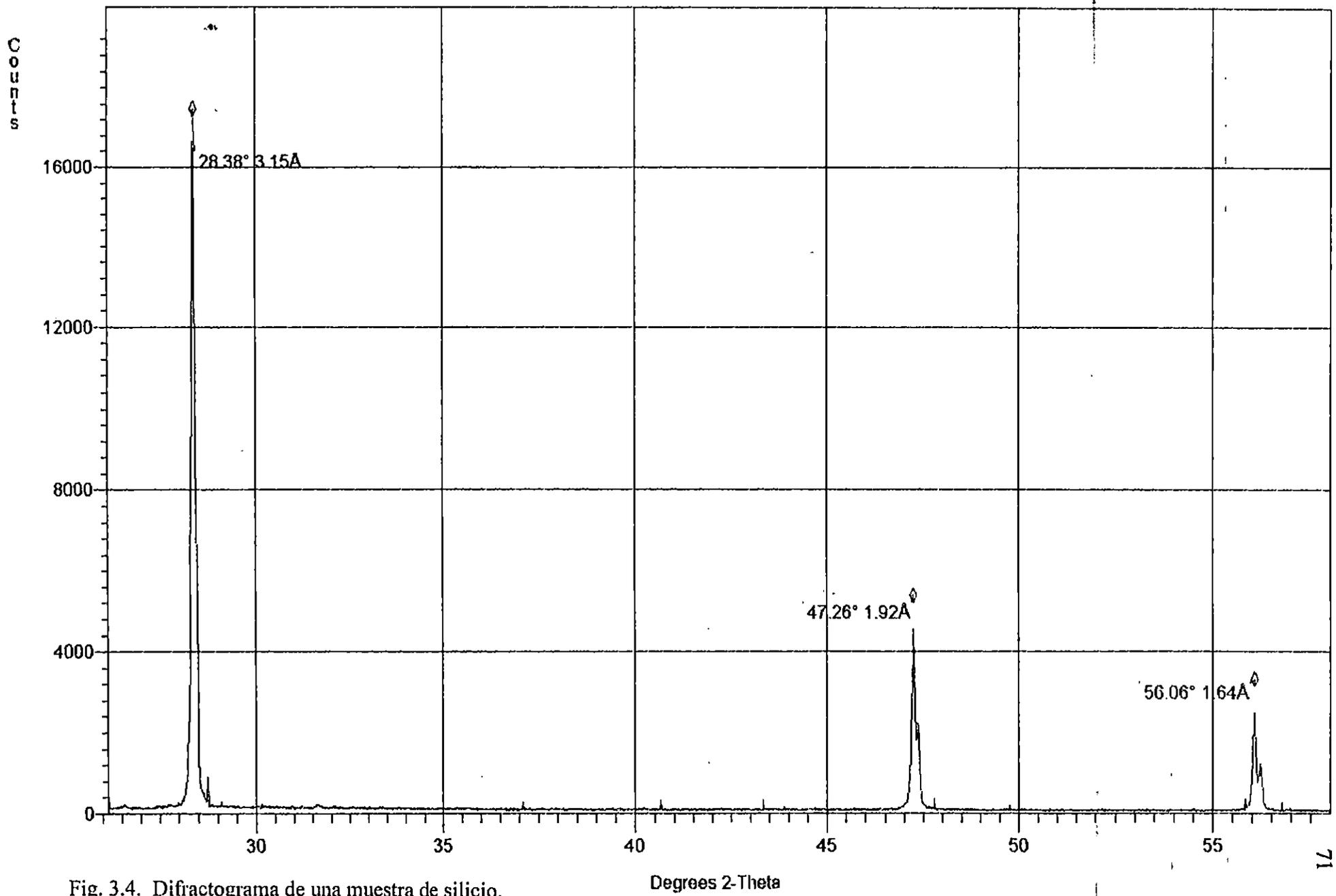


Fig. 3.4. Diffractograma de una muestra de silicio.

3.6 VERIFICACION DEL SISTEMA PW1730 ACTUALIZADO

Para efectos de verificación del buen funcionamiento del sistema actualizado, se procedió al análisis de un estándar de silicio, cuyos resultados se exponen a continuación:

El difractograma mostrado en la fig. 3.4 ha sido construido a partir de los datos adquiridos en el sistema actualizado, para una muestra de silicio puro (estándar de silicio), en un rango de exploración de 26.15 a 58 grados.

Los datos obtenidos a través del programa TRACES, y colocados en el difractograma (ver fig. 3.4) para las tres intensidades mayores son:

Angulo 2θ	"d"[Å]
28.38	3.15
47.26	1.92
56.06	1.64

En la tabla siguiente, se muestran los datos correspondientes al estándar de silicio tomados del manual de calibración para la unidad PW1380 (goniómetro). Se puede observar que los datos obtenidos experimentalmente coinciden con los valores esperados para el estándar de silicio.

El lector puede verificar que el espectro presentado en la fig. 2.13 coincide con el de la fig. 3.4, obteniéndose el primero en el sistema sin modificaciones y el segundo en el sistema ya actualizado.

SILICON REFLECTION ANGLES θ

hkl	d(Å)		MoK	CuK	NiK	CoK	FeK	CrK	λ	WL
111	3.1353 7	β_1	5.787	12.827	13.840	14.979	16.267	19.418	β_2	11.447
		α_1	6.494	14.221	15.330	16.575	17.983	21.415	β_1	11.794
		α	6.508	14.233	15.342	16.588	17.996	21.428	α_1	13.617
		α_2	6.534	14.257	15.366	16.613	18.021	21.454	α_2	13.721
220	1.9200 1	β_1	9.477	21.256	22.995	24.965	27.221	32.882	β_2	18.911
		α_1	10.644	23.651	25.577	27.766	30.275	36.602	β_1	19.499
		α	10.666	23.672	25.598	27.788	30.298	36.626	α_1	22.610
		α_2	10.709	23.714	25.641	27.831	30.343	36.674	α_2	22.789
311	1.6373 9	β_1	11.132	25.158	27.263	29.664	32.438	39.540	β_2	22.336
		α_1	12.508	28.061	30.414	33.111	36.240	44.360	β_1	23.042
		α	12.534	28.087	30.440	33.138	36.269	44.391	α_1	26.796
		α_2	12.585	28.137	30.492	33.192	36.326	44.456	α_2	27.013
400	1.3576 6	β_1	13.465	30.845	33.535	36.647	40.308	50.156	β_2	27.280
		α_1	15.142	34.565	37.629	41.210	45.478	57.482	β_1	28.167
		α	15.173	34.598	37.663	41.246	45.518	57.533	α_1	32.937
		α_2	15.235	34.663	37.732	41.319	45.597	57.636	α_2	33.215
331	1.2458 7	β_1	14.699	33.967	37.015	40.575	44.825	56.791	β_2	29.965
		α_1	16.538	38.188	41.708	45.884	50.983	66.763	β_1	30.957
		α	16.572	38.226	41.747	45.927	51.031	66.838	α_1	36.334
		α_2	16.640	38.300	41.826	46.013	51.127	66.992	α_2	36.650
422	1.1085 2	β_1	16.569	38.898	42.580	46.973	52.400	70.110	β_2	34.149
		α_1	18.658	44.015	48.397	53.793	60.835		β_1	35.319
		α	18.697	44.062	48.447	53.850	60.906		α_1	41.752
		α_2	18.774	44.153	48.547	53.963	61.045		α_2	42.135
511- 333	1.0451 2	β_1	17.606	41.762	45.861	50.839	57.177	85.859	β_2	36.541
		α_1	19.835	47.476	52.479	58.852	67.849		β_1	37.822
		α	19.877	47.529	52.536	58.921	67.946		α_1	44.935
		α_2	19.960	47.632	52.652	59.059	68.137		α_2	45.364
440	.9600 1	β_1	19.226	46.476	51.378	57.578	66.186		β_2	40.406
		α_1	21.679	53.354	59.706	68.703			β_1	41.880
		α	21.725	53.419	58.781	68.810			α_1	50.257
		α_2	21.816	53.546	59.934	69.025			α_2	50.775
531	.9179 4	β_1	20.144	49.315	54.794	61.980	73.094		β_2	42.680
		α_1	22.726	57.046	64.557	77.010			β_1	44.280
		α	22.775	57.120	64.650	77.191			α_1	53.529
		α_2	22.871	57.267	64.838	77.561			α_2	54.113
620	.8586 6	β_1	21.602	54.161	60.868	70.693			β_2	46.444
		α_1	24.394	63.772	74.876				β_1	48.277
		α	24.447	63.870	75.039				α_1	59.281
		α_2	24.551	64.063	75.376				α_2	60.010
533	.8281 6	β_1	22.440	57.195	64.913	78.100			β_2	48.711
		α_1	25.354	68.446					β_1	50.701
		α	25.409	68.569					α_1	63.042
		α_2	25.518	68.811					α_2	63.896
444	.7838 4	β_1	23.785	62.628	73.112				β_2	52.549
		α_1	26.899	79.314					β_1	54.846
		α	26.958	79.573					α_1	70.344
		α_2	27.075	80.100					α_2	71.582

CONCLUSIONES

1. El uso del IC 8254 (PIT) en el diseño de la interfaz para la adquisición de datos provenientes del equipo Philips PW1730, es sencilla y confiable.
2. Mediante cualquier lenguaje de programación capaz de controlar eficiente mente los puertos de entrada y salida de una PC, es fácil gobernar la interface, cuyo diseño se ha presentado.
3. La construcción de la interfaz propuesta ha permitido la actualización de un equipo, de por sí sofisticado; pero incompatible con las nuevas técnicas digitales de adquisición de datos.
4. La creación del programa FENIX posibilita el uso de programas más refinados en el estudios de difracción.
5. Programas existentes en el mercado como TRACES permite un fácil análisis de los datos generados por el equipo Philips PW1730 y adquiridos mediante el software FENIX.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Barry B. Brey. "Los Microprocesadores Intel, arquitectura, programación e interfaces", McGraw-Hill, Tercera Edición.
2. Ronald J. Tocci. "Sistemas Digitales, principio y aplicaciones". Prentice-Hall. Tercera Edición.
3. OIEA. "Experimentos con interfaces en aplicaciones Nucleares".

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Es posible la actualización de los equipos antiguos, utilizando tecnologías existentes en nuestro medio que resultan económicas.
2. La adquisición de datos en la instrumentación electrónica es fundamental para el desarrollo de tecnología apropiada en nuestro país.
3. Es necesario que en proyectos como el actual se integren equipos multidisciplinarios de las ingenierías, que permitan soluciones más versátiles, desde su campo específico.
4. El trabajo actual ha sido exhaustivo en cuanto al campo de la ingeniería eléctrica corresponde, quedando para los expertos en programación el desarrollo de programas más refinados que permitan una mejor explotación del sistema de difracción.

ANEXO A

“PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL SISTEMA DE DIFRACCIÓN PHILIPS PW1730”

*** FENIX v2.0**

Este programa tiene como finalidad el poder adquirir y archivar los datos proporcionados por el equipo Philips PW1730, el cual es usado para el análisis de estructuras cristalinas a través del principio de difracción.

◆ Descripción de funcionamiento de FENIX v2.0

El programa es capaz de comunicarse con la tarjeta interfaz de adquisición de datos, construida para ser usada con el difractor acondicionado, Philips PW1730. El programa gobierna la adquisición de datos, controla el goniómetro, presenta el espectro adquirido en pantalla, archiva los datos colectados y puede hacer una copia impresa del espectro. La tarea más importante de FENIX es la adquisición de los datos y su almacenamiento en un formato específico, que permita al usuario utilizar una herramienta de análisis más poderosa en el campo de la cristalografía, sobre todo la identificación de materiales. (Para el caso el programa TRACES).

◆ Descripción de las funciones del programa FENIX

La figura A.1 muestra la ventana principal del programa, en ella se distinguen tres aspectos importantes: La barra de menús, los botones de mando y el área de gráfico para la presentación de los datos colectados.

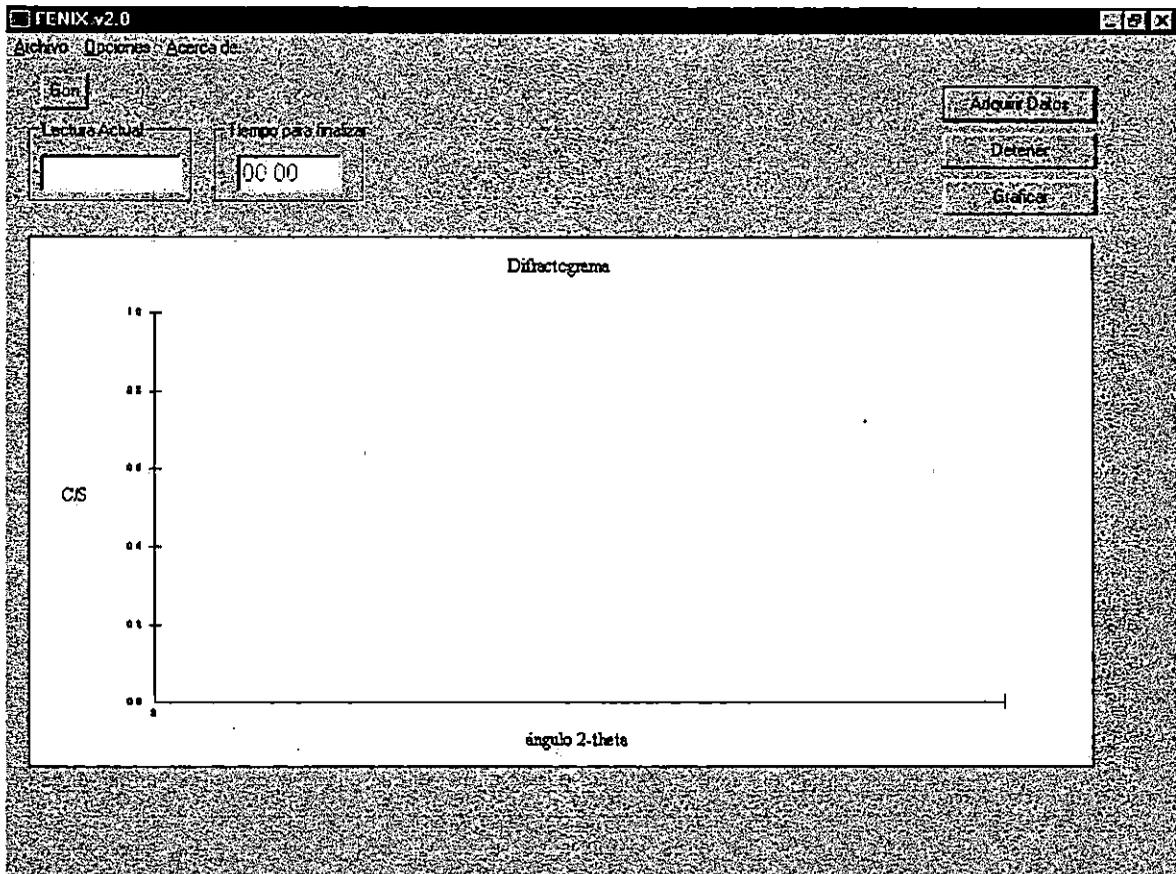


Fig. A.1

Aquí podemos distinguir los elementos siguientes:

Menús: Archivo, Opciones y Acerca de. A través de estos se manipulan los aspectos de manejo de archivos, opciones del gráfico y configuración del proceso de adquisición de datos, de los cuales se hablará con más detalle posteriormente.

Botón “GON” : Este permite al usuario activar y desactivar el goniómetro a voluntad. Este debe ser accionado para verificar el buen funcionamiento de la interfaz, la cual durante el proceso de inicialización podría dejar en un estado indefinido el circuito

de control del goniómetro, el cual una vez inicializado funciona adecuadamente, se recomienda activarlo cada vez que el equipo se encienda.

Botón “Adquirir datos”: Este control activa el proceso de adquirir datos, el encendido del goniómetro, cuando los parámetros de la adquisición han sido fijados correctamente.

Botón “Detener”: Este permite abortar el proceso de adquisición a voluntad del usuario.

Botón “Gráficar”: Por defecto el programa no gráfica los datos automáticamente en tiempo real, el usuario debe de seleccionar esta opción en el menú “configuración”, si la opción “automático” está deshabilitada, este botón aparecerá habilitado, caso contrario estará inaccesible. Si este botón es activado, se graficarán todos los datos colectados hasta ese instante, y así en cualquier instante en que sea activado. Esto representa una buena alternativa en CPU's lentos, que podrían descuidar las rutinas de adquisición al utilizar ciclos de reloj para acciones como la de graficar. Como se ha apuntado esto dependerá del desempeño general de la computadora anfitriona de la tarjeta interfaz, y del rango de exploración fijado, cuyo mayor intervalo, requiere mayor procesamiento del gráfico.

Ventana “Lectura actual”: presenta el valor de la intensidad del dato colectado actualmente cuya magnitud es en cuentas por segundo [c/s].

Ventana “Tiempo restante”: presenta el tiempo real que hace falta para finalizar la adquisición de datos, según el rango de exploración fijado.

MENU ARCHIVO

Guardar: al activar esta opción se genera un archivo con los datos colectados, en el lugar y con el nombre seleccionado en las opciones de configuración y cuyo formato es compatible con archivos de extensión cpi.

Imprimir: envía al impresor una copia del espectro generado aún cuando este no este visible en pantalla. Las opciones de la impresión dependen del impresor seleccionado en Windows.

Salir: este es el comando apropiado para cerrar el programa, esta opción está deshabilitada durante la adquisición para evitar salir del programa y que el goniómetro quede activo.

MENU OPCIONES

Este esta compuesto de elementos: Gráfico y Opciones. Opciones generan la ventana que se muestra en la fig.A.2 y la cual contiene los campos necesarios para fijar el proceso de adquisición de datos. De los cuales se destacan; ángulo inicial y final los cuales deben de ser fijados por el usuario y cuyo rango no debe de ser mayor a 60 grados. El campo nombre de archivo es obligatorio, no pudiendo abandonar el usuario esta ventana sin antes poner cualquier nombre de archivo válido, es necesario que el usuario coloque un nombre de archivo que no sea repetido, de caso contrario esta podría sobrescribir los datos y perder cualquier información previa.

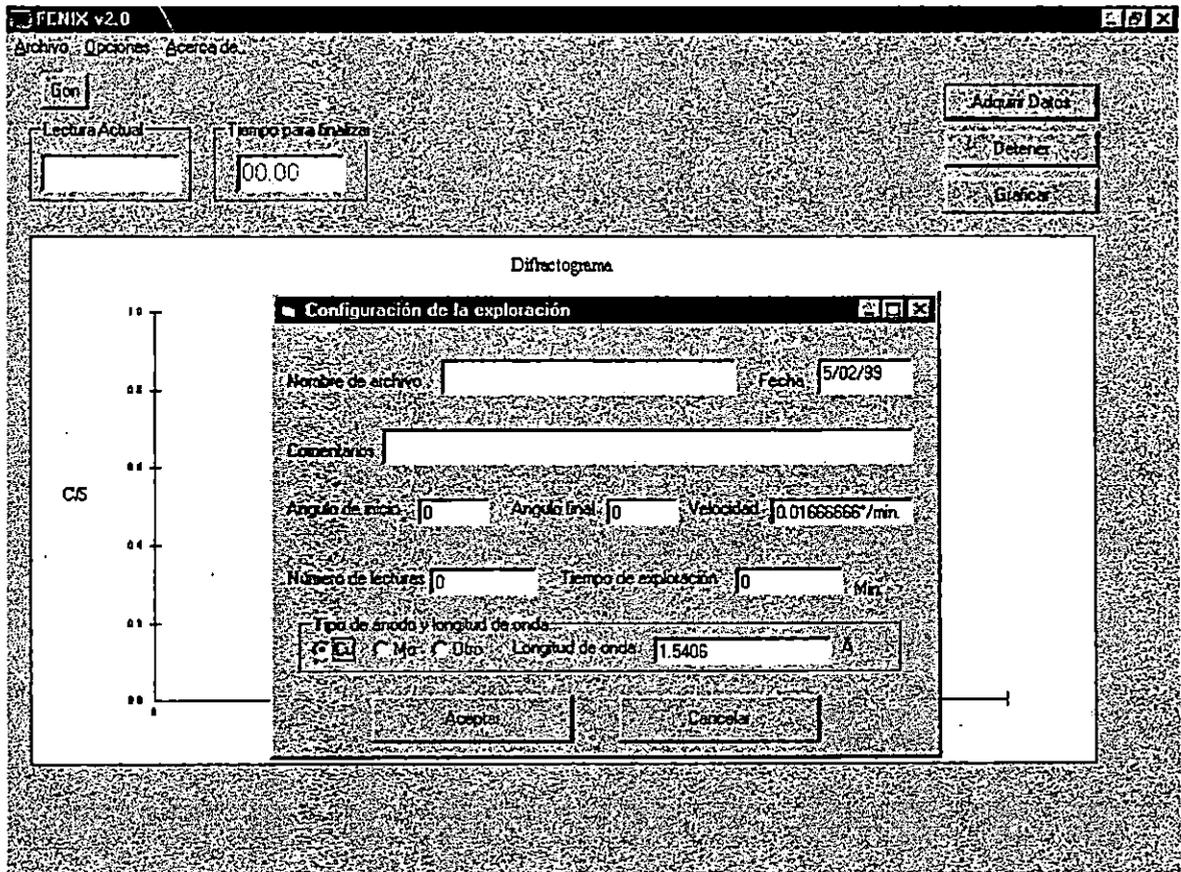


Fig. A.2

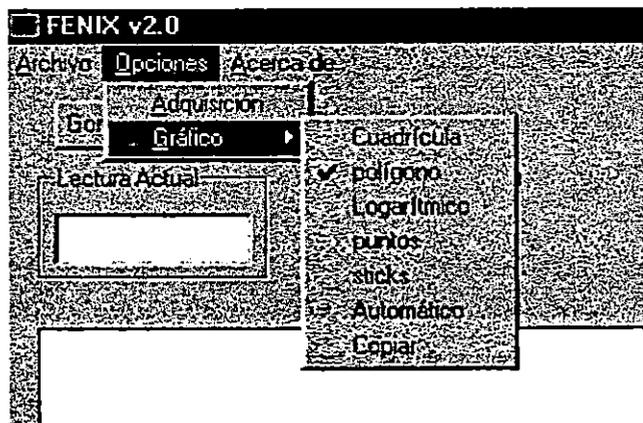


Fig. A.3

La figura A.3 muestra las opciones que influyen sobre la presentación en pantalla de los datos adquiridos.

Cuadrícula: Permite fijar líneas en los ejes X-Y del espectrograma.

Polígono: Gráfica los datos unidos por una línea continua.

Logarítmico: Establece una escala logarítmica sobre el eje Y

Puntos: Por cada dato gráficoado coloca un símbolo.

Stick: Coloca barras de amplitud proporcional al dato adquirido.

Automático: Permite que el gráfico se actualice cada vez que un dato nuevo es adquirido esto tiene una frecuencia de 60 veces por minuto, cuando esta opción es seleccionada el botón graficar del panel principal se encuentra deshabilitado.

Copia: esto permite enviar una copia al portapapeles de Windows.

ANEXO B

PIT 8254 “Temporizador de intervalos programable”

El 8254, contador/temporizador es diseñado para solucionar los problemas de control de temporización. Este provee de tres contadores de 16 bits independientes, cada uno capaz de manejar señales de reloj de entrada de hasta 10 Mhz. Todos los modos son programables a través de software.

- 1.- El usuario mediante la introducción de una palabra de control inicializa el conteo. La palabra de control en si misma especifica cual contador está siendo programado, y en que modo de operación esta siendo configurado.
- 2.- La cuenta es habilitada a través de la entrada GATE.
- 3.- Ya sea al final de una cuenta o durante esta, la salida es determinada por la transición de la salida en el pin OUT .
- 4.- Las transiciones del pin OUT son utilizadas para activar eventos dentro del sistema
- 5.- El modo en que cada contador halla sido programado determina la forma en que el pin OUT haga sus transiciones.

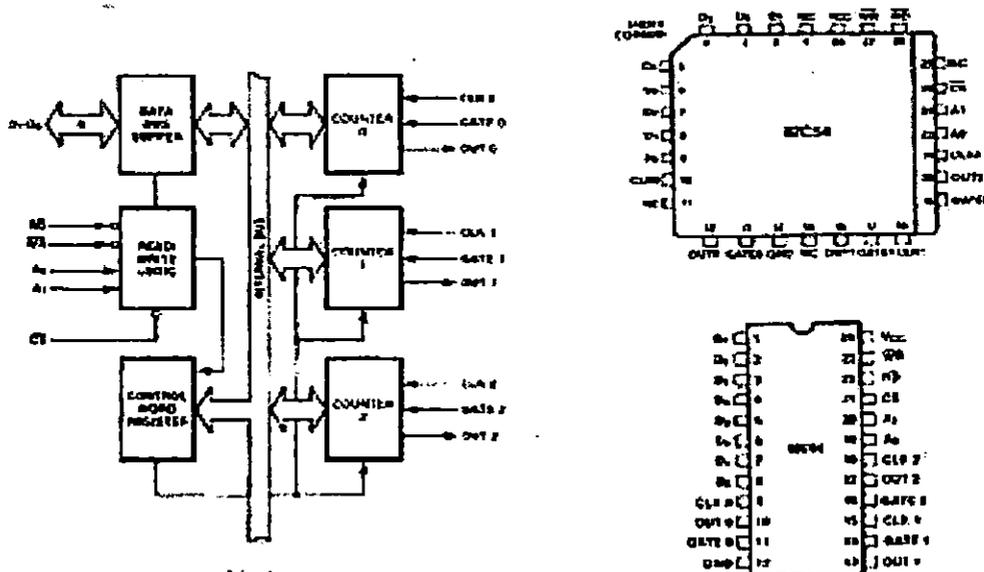


Figura B1.

Programación del 8254

Los contadores son programados al escribir la palabra de control y entonces la cuenta inicial, las palabra de control son escritas dentro del registro de la palabra de control el cual es seleccionado cuando A0, A1=11, la palabra de control en si misma especifica cual contador esta siendo programado. La cuenta inicial es escrita al contador , no al registro de la palabra de control, las entradas A0,A1 son usadas para seleccionar el contador en el cual se ha de escribir. Finalmente el formato de la cuenta inicial es determinado por la palabra de control usada.

Operación de escritura

Existen dos convenciones para escribir al 8254:

- 1.- En cada contador, la palabra de control debe de ser escrita antes de la cuenta inicial.
- 2.- La cuenta inicial debe de seguir el formato establecido a través de la palabra de control (sólo lsb, sólo msb, o lsb y entonces msb). Una cuenta inicial puede ser escrita al contador en cualquier instante sin que se vea afectado el modo en que fue programado el contador, sin embargo la cuenta actual será afectada según el modo en que el contador esté operando.

Operación de lectura.

El valor de un contador puede ser leído por cualquiera de los métodos siguientes:

- 1.- A través de una operación READ:
 - a. seleccione el contador a través de A1,A0
 - b. Inhiba la señal de reloj CLK del contador seleccionado a través de la señal GATE o mediante alguna lógica externa..
 - c. Al detener el reloj se detiene la cuenta.

2.- Por medio de una instrucción de retención del conteo (Counter Latch)

- a. Es escribir al registro de la palabra de control, como una palabra de control; pero con los bits D5,D4 se distingue este comando de una palabra de control.
- b. El latch de salida del contador seleccionado retiene la cuenta en el momento en que la instrucción de retención es recibida.
- c. La cuenta es retenida en el latch hasta que el CPU lo lee.
- d. La cuenta es entonces liberada y el latch esta disponible nuevamente.

3.- Por medio de una instrucción de lectura de verificación (Retrolectura).

- a. esta instrucción permite al usuario verificar el valor del contador, el modo programado, y el estado actual del pin OUT y la bandera de cuenta nula del contador seleccionado.

Modos de operación del 8254

El PIT tiene 5 modos de funcionamiento, estos son:

MODO 0: INTERRUPCION AL FINAL DE LA CUENTA

Este método es típicamente usado para la cuenta de eventos. Después que la palabra de control es escrita, el pin OUT inicialmente se encuentra en estado bajo y permanece así hasta que el contador alcanza el valor de cero . OUT cambia al estado alto y permanecerá así hasta que una nueva cuenta o una nueva palabra de control de modo cero sea escrita dentro del contador. GATE=1 habilita la cuenta; GATE=0 desahabilita la cuenta. Esta señal no tiene efecto sobre la salida OUT.

Luego que la palabra de control y la cuenta inicial son escritas al contador, la cuenta inicial será cargada en el siguiente pulso de reloj. Este pulso de reloj no decrementa el contador, de tal modo que para una cuenta de N eventos, OUT no va al estado alto sino hasta N+1 pulsos de reloj después que la cuenta inicial es escrita.

Si una nueva cuenta es escrita al contador, esta será cargada en el siguiente pulso de reloj y la cuenta continuará desde este nuevo valor. Si una cuenta de dos bytes es cargada, lo siguiente ha de suceder:

- a. Al escribir el primer byte no se deshabilita el proceso de cuenta. La señal OUT permanece en estado bajo esto no consume ciclos de reloj.
- b. Al escribir el segundo byte permite que la nueva cuenta sea cargada en el siguiente pulso de reloj.
- c. Cuando hay una cuenta en progreso, al escribir el byte menos significativo (LSB) antes de que el contador alcance el valor cero y vuelva a un nuevo ciclo de conteo con el valor FFFFh. Se detendrá el contador sin embargo si el LSB es cargado después que el contador ha inicializado un nuevo ciclo en el valor FFFFh de tal forma que el valor del byte mas significativo (MSB) exista ya en el contador lográndose que el contador no se detenga.

Esto permite que la secuencia de conteo sea sincronizada por software, de forma tal que OUT no va al estado alto sino hasta N+1 pulsos de reloj después de que la nueva cuenta halla sido escrita. Si una nueva cuenta es cargada mientras GATE=1, la cuenta será cargada en el siguiente pulso de reloj, cuando GATE va al valor alto, OUT irá a su valor alto N pulsos de reloj después; ningún pulso de reloj es necesario para cargar el contador ya que esta ya se ha realizado.

Los otros modos de operación en forma general del PIT son:

MODO 1: Emisión simple disparada por hardware.

- a. OUT esta inicialmente alta, esta ira a bajo en el pulso de reloj siguiente al disparo para comenzar el pulso de la emisión simple, y permanecerá bajo hasta que el contador alcance el valor de cero.

- b. OUT ira entonces al valor alto y permanecerá así hasta el pulso de reloj después de la señal de disparo.

MODO 2: Generador de proporcionalidad

- a. Funciones tales como dividir por N cuentas y usarla para generar una interrupción en tiempo real de reloj.
- b. OUT estará inicialmente en alto.
- c. Cuando la cuenta inicial ha alcanzado el valor de uno, OUT va a su valor de bajo durante un pulso de reloj.
- d. OUT va entonces al valor alto, el contador recarga la cuenta inicial y el proceso es repetido.
- e. El modo 2 es periódico.

MODO 3: Modo de onda cuadrada.

- a. Es usado para la generación de una señal cuadrada con simetría en el estado alto y bajo.
- b. OUT será inicialmente alta
- c. Cuando la mitad de la cuenta inicial sea alcanzada, OUT ira a su estado bajo y permanecerá así por el resto de la cuenta
- d. El modo 3 es periódico.

MODO 4: Generación de señal de STROBE mediante software.

- a. OUT será alta inicialmente.
- b. Cuando la cuenta inicial alcance el valor cero, OUT ira a su valor bajo por un pulso de reloj, y luego retornará a su valor alto.
- c. La secuencia de conteo es disparada al escribir la cuenta inicial.
- d. El contador es cargado en el siguiente pulso de reloj después de escribir la palabra de control y cuenta inicial.

MODO 5: Generación de señal de STROBE por hardware.

- a. OUT es inicialmente alta
- b. La cuenta es inicializada o disparada por el borde positivo o creciente de la señal GATE
- c. Cuando la cuenta inicial se agota, OUT ira a su estado bajo durante un pulso de reloj y luego volverá a su valor alto.
- d. La diferencia entre el modo 4 y 5 yace en que el modo 5 la cuenta no será cargada sino hasta el siguiente pulso de reloj después del disparo.

Operación común a todos los modos

- a. Cuando una palabra de control es escrita a un contador, toda la lógica de control es inmediatamente reinicializada y OUT va a su estado inicial . Para realizar esto no se necesita de ningún ciclo de reloj.
- b. La señal GATE es siempre monitoreada en el borde creciente de cada pulso de reloj.
- c. En algunos modos la entrada GATE es sensitiva al nivel de esta y otros al borde creciente de la transición de esta.
- d. Las nuevas cuentas son cargadas y los contadores son decrementados en el borde descendente de la señal de reloj.
- e. La cuenta inicial mas grande es FFFFh. Equivalente a 2^{16} en binario y 10^4 en BCD.
- f. El contador no se detiene al alcanzar el valor cero. En los modos 0,1,4 y 5 el contador vuelve al valor máximo (FFFFh) y continua contando. En los modos 2 y 3 (los cuales son periódicos) el contador se recarga a si mismo con la cuenta inicial y continúa así indefinidamente.

Control Word Format

$A_1, A_0 = 11$ $\overline{CS} = 0$ $\overline{RD} = 1$ $\overline{WR} = 0$

D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD

SC — Select Counter:

SC1	SC0	
0	0	Select Counter 0
0	1	Select Counter 1
1	0	Select Counter 2
1	1	Read-Back Command (See Read Operations)

M — MODE:

M2	M1	M0	
0	0	0	Mode 0
0	0	1	Mode 1
X	1	0	Mode 2
X	1	1	Mode 3
1	0	0	Mode 4
1	0	1	Mode 5

RW — Read/Write:

RW1	RW0	
0	0	Counter Latch Command (see Read Operations)
0	1	Read/Write least significant byte only.
1	0	Read/Write most significant bytes only.
1	1	Read/Write least significant byte first, then most significant byte.

BCD:

0	Binary Counter 16-bits
1	Binary Coded Decimal (BCD) Counter (4 Decades)

NOTE: Don't care bits (X) should be 0 to insure compatibility with future Intel products.

Cuadro resumen de la configuración del 8254

Fig. B.2