



T
621.3673
D273
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

**“Desarrollo de Métodos Computacionales para
Determinación de Exposición Radiográfica”**

PROYECTO DE GRADO

**Previo a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

Wladimir de la Cruz de la Cruz

GUAYAQUIL - ECUADOR

1992

AGRADECIMIENTO



BIBLIOTECA

Al alma mater

A mis padres

A mis hermanas

A mis amigos.

Al Ing. Omar Serrano ,por su
valiosa colaboración en todo
momento.

A los ayudantes del CICYT ,al
area de METALURGIA y a todas
las personas que de una u otra
forma aportaron con su ayuda en
en la realización de este
trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanas

A la mater

A toda persona que piensa que
la vida es un suceso de
realizaciones si se esmera en
forjarla.



ING. JORGE DUQUE
DECANO ENCARGADO
FAC.ING.EN MECANICA

ING. OMAR SERRANO
DIRECTOR
DE TOPICO

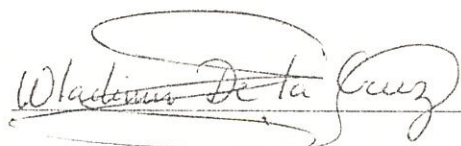
ING. LUIS RODRIGUEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. LUIS DEL POZO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos , ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado , me corresponden exclusivamente; y , el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ".

(Reglamento de Tópico de graduación).

A handwritten signature in dark ink, reading "Wladimir De la Cruz". The signature is written in a cursive style with a large, looping initial "W". It is positioned above a horizontal line.

WLADIMIR DE LA CRUZ DE LA CRUZ .

RESUMEN

La utilización de computadoras en radiografía industrial es muy importante debido a que se puede simular condiciones existentes en la práctica de exposición radiográfica, ahorrando tiempo, dinero y materiales y evitando que las personas se expongan a la radiación.

Este trabajo tiene como objetivo usar parámetros obtenidos mediante experimentación, en desarrollo de programas computacionales para exposición radiográfica.

El programa desarrollado está escrito en sistema operativo DOS, en el lenguaje GW BASIC.

El programa consta de 3 subprogramas:

- Menú principal.
- Determinación de densidad radiográfica.
- Determinación de exposición radiográfica.

Estos programas permiten estudiar las influencias que tienen ciertas variables, tales como distancia fuente-película, kilovoltaje, miliamperaje y tiempo de exposición sobre la densidad radiográfica.

El primer programa de determinación de densidad radiográfica WLA-SIM1 simula las operaciones llevadas a cabo por operarios radiográficos, dando como resultado densidades, sin importar su magnitud.

El segundo programa de determinación de exposición radiográfica WLA-DET1 permite obtener los parámetros de exposición : tiempo , kilovoltaje y miliamperaje con respecto a una película que tenga un valor de densidad igual a 2.

Finalmente en este trabajo , se analiza la influencia que tiene el equipo radiográfico y el tipo de película usados sobre la densidad y exposición radiográfica.

INDICE GENERAL

Páginas

RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII

CAPITULO I

INTRODUCCION TEORICA

1.1 DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS PARA DETERMINACION DE DENSIDAD Y EXPOSICION RADIOGRAFICA	14
1.2 DETERMINACION DE DENSIDAD	18
1.2.1 INFLUENCIA DEL EQUIPO USADO	24
1.2.2 INFLUENCIA DEL TIPO DE PELICULA USADA ..	27
1.3 DETERMINACION DE EXPOSICION RADIOGRAFICA CON RESPECTO A UNA DENSIDAD DADA	35
1.4 IMPORTANCIA DE LOS METODOS COMPUTACIONALES EN RADIOGRAFIA INDUSTRIAL	37

CAPITULO II

UTILIZACION DE COMPUTADORAS PARA DETERMINACION DE DENSIDAD Y EXPOSICION RADIOGRAFICA. ---

2.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA DETERMINACION DE DENSIDAD RADIOGRAFICA	38
--	----

2.2	DIAGRAMAS DE FLUJO PARA DENSIDAD RADIOGRAFICA..	40
2.2.1	SUBROUTINA PARA LEER DATOS DE LA FUNCION EXPONENCIAL	41
2.2.2	SUBROUTINA PARA INTRODUCIR DATOS	42
2.2.3	SUBROUTINA PARA DETERMINAR LA DENSIDAD RADIOGRAFICA	44
2.2.4	SUBROUTINA PARA DETERMINAR FACTOR DE CORRECCION PARA EL EQUIPO RADIOGRAFICO USADO	46
2.2.5	SUBROUTINA PARA DETERMINAR FACTOR DE CORRECCION PARA DIFERENTES TIPOS DE PELICULAS USADAS	47
2.3	DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA DETERMINAR EXPOSICION RADIOGRAFICA	48
2.4	DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EXPOSICION RADIOGRAFICA	49
2.4.1	SUBROUTINA PARA LEER DATOS DE LA FUNCION EXPOSICION	50
2.4.2	SUBROUTINA PARA INTRODUCIR DATOS PARA CALCULO DE PARAMETROS DE EXPOSICION	51
2.4.3	SUBROUTINA PARA DETERMINAR PARAMETROS DE EXPOSICION: TIEMPO, KILOVOLTAJE Y MILIAMPERAJE	53



BIBLIOTECA

CAPITULO III

APLICACION DEL PROGRAMA

3.1 DETERMINACION DE DENSIDAD RADIOGRAFICA	57
3.1.1 INGRESO DE DATOS	57
3.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS	61
3.2 DETERMINACION DE PARAMETROS DE EXPOSICION	
RADIOGRAFICA	68
3.2.1 INGRESO DE DATOS	68
3.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS	70
3.3 APLICACION PRACTICA DEL PROGRAMA	71

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS	79
------------------------------	----

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
--------------------------------------	----

APENDICES	85
-----------------	----

BIBLIOGRAFIA	105
--------------------	-----



INDICE DE FIGURAS

- 1.- DIAGRAMA DE EXPOSICION DEL EQUIPO.
- 2.a y 2.b.- DENSIDAD VS EXPOSICION.
- 3.- ESCALERILLA DE ACERO AL CARBONO.
- 4.- CALCULO DE DENSIDAD PARA EQUIPO USADO.
- 5.- CALCULO DE DENSIDAD PARA EXPOSICION
CONSTANTE.
- 6.- CALCULO DE EXPOSICION PARA DENSIDAD
CONSTANTE.

LISTA DE ABREVIATURAS

- AISI - AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE.
- a - constante de función densidad.
- b - pendiente de función densidad.
- C1 - primer coeficiente característico de curva sensitométrica para película D7.
- C2 - primer coeficiente característico de curva sensitométrica para película D4.
- d - densidad radiográfica.
- d1 - densidad para la primera película radiográfica.
- d2 - densidad para la segunda película radiográfica.
- dc - densidad radiográfica calculada.
- D1 - segundo coeficiente característico de curva sensitométrica para película D7.
- D2 - segundo coeficiente característico de curva sensitométrica para película D4.
- E - exposición radiográfica mA.min.
- K1 - coeficiente correctivo para tipo de película usada.
- K2 - coeficiente correctivo para tipo de equipo radiográfico usado.

XIII

- L - distancia fuente-película.
- M - primer coeficiente de función exposición.
- N - segundo coeficiente de función exposición.
- T - espesor de plancha de acero.
- α - logaritmo de exposición relativa real.
- α_c - logaritmo de exposición relativa calculada.
- α_1 - logaritmo de exposición relativa para película
D7
- α_2 - logaritmo de exposición relativa para película
D4



CAPITULO I

INTRODUCCION TEORICA

1.1 DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS PARA DETERMINACION DE DENSIDAD Y EXPOSICION RADIOGRAFICA.

Los métodos computacionales sintetizan los conocimientos adquiridos por años en radiografía industrial, almacenando información y usando algoritmos matemáticos que permiten obtener resultados rápidos y exactos.

Todos los parámetros de exposición, condiciones geométricas, así como propiedades sensitométricas son procesados a través de un programa apropiado, el mismo que en el presente trabajo ha sido dividido en dos partes:

La primera parte del programa desarrolla algoritmos que determinan densidad radiográfica, para lo cual se han realizado pruebas experimentales con el objeto de obtener los parámetros que gobiernan la densidad



radiográfica, así como el factor correctivo para el tipo de película usada, los mismos que se almacenan en esta parte del programa (Ref.1).

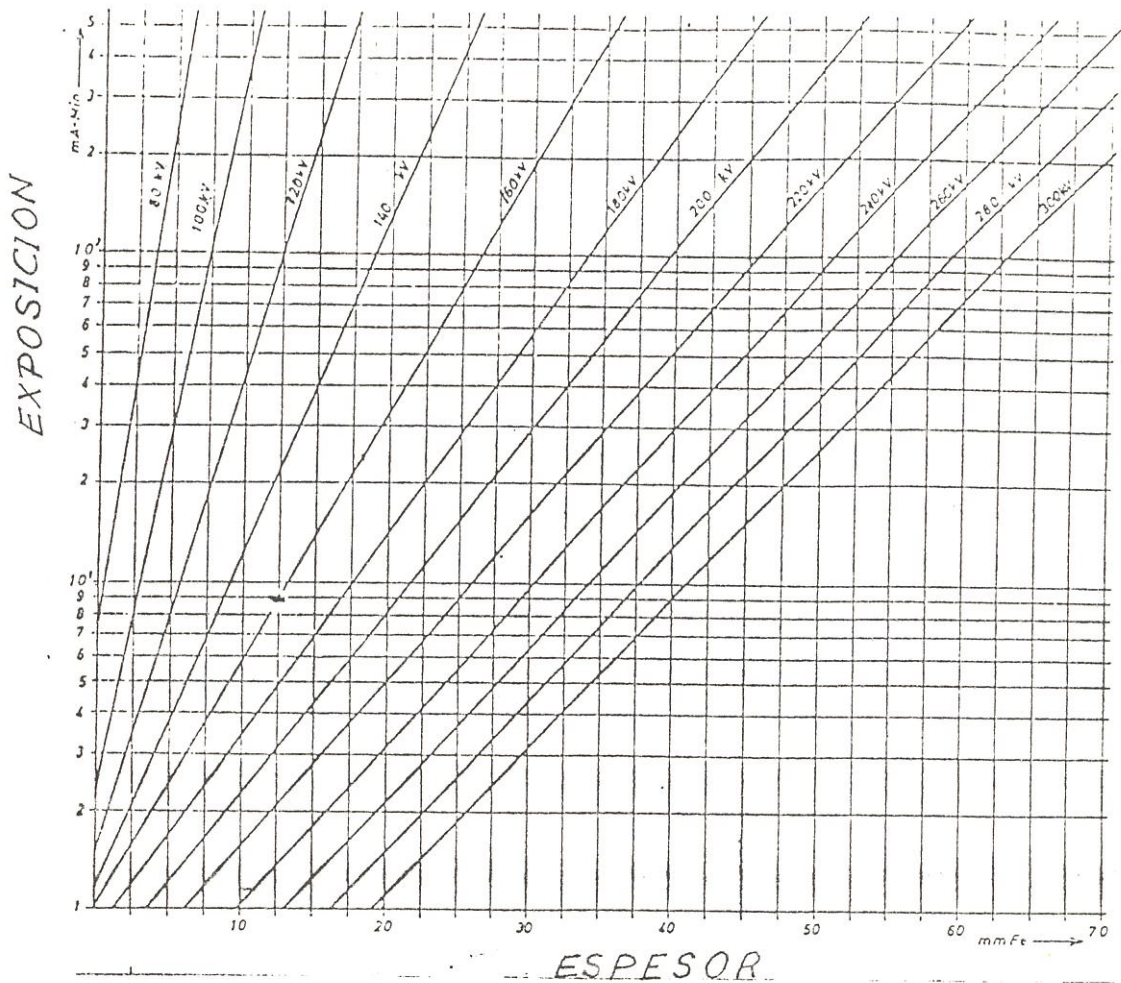
La segunda parte del programa, en cambio desarrolla algoritmos para determinar exposición radiográfica, los mismos que se derivan del análisis de densidad radiográfica; aquí también se determinan los parámetros que gobiernan la exposición radiográfica, además del factor correctivo para la película usada con respecto a una densidad de referencia, los mismos que se almacenan en este programa en forma de archivos (Ref.1).

Este programa permite la familiarización con los parámetros de exposición y densidad radiográfica relacionada con la examinación de metales.

1.2 DETERMINACION DE DENSIDAD.

Un diagrama de exposición tiene por objeto permitir al radiólogo determinar el tiempo, kilovoltaje, la distancia fuente - película , etc. necesarios para radiografiar un objeto determinado .Así mismo, le permite repetir los resultados en cualquier momento posterior y evitar el trabajo largo y costoso de efectuar tomas de pruebas de un objeto para determinar el procedimiento correcto de radiografía (Ref.2). Si bien es preferible confiar en diagramas (fig.1) que reflejen buenas exposiciones se puede ir al programa de radiografía que economiza tiempo y dinero.

Una vez decididos los parámetros de kilovoltaje y tiempo de exposición, se toman varias radiografías del objeto de experimentación con diversas tensiones y tiempos de exposición. El resto de los parámetros , tales como distancia fuente-película, tipo de película, pantallas, deben permanecer constantes. Una vez completadas varias exposiciones con una misma tensión, el procedimiento se repite con todos los kilovoltajes contemplados (Ref. 3).



MATERIAL : ACERO
 DISTANCIA FUENTE-PELICULA: 70 CM
 DENSIDAD: 1.5
 PELICULA: AGFA-GEVAERT "STRUCTURIX D7"

DIAGRAMA DE EXPOSICION DEL EQUIPO (REF.4)
 FIGURA 1.

La densidad de la película, decidida a priori, es por lo general del orden de 1,5 a 2,5 dado que ésta es una buena densidad de examen (Ref.2).

Para obtener los datos experimentales necesarios para obtener la densidad y parámetros de exposición como kilovoltaje, tiempo y miliamperaje se realizaron experiencias y se prepararon diagramas (figura 2.a y figura 2.b) para intervalos de espesores de la escalerilla con una gama específica de densidad de película versus exposición (Ref.1).

Las condiciones bajo las cuales se realizaron las experiencias son:

- Equipo de rayos X RICH. SEIFERT.
- Película: GEVAERT D7
- Distancia fuente-película 70cm.
- Una escalerilla de acero al carbono escalonada de 16 pasos (fig.3).

Con una serie de voltajes de :

120 - 140 - 160 - 180 - 200 - 220 - 240 KV

Para cada uno 12 exposiciones:

1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 7 - 9 - 12 - 16 - 20 - 25 - 30
mA.min .

DENSIDAD VS EXPOSICION KV = 120

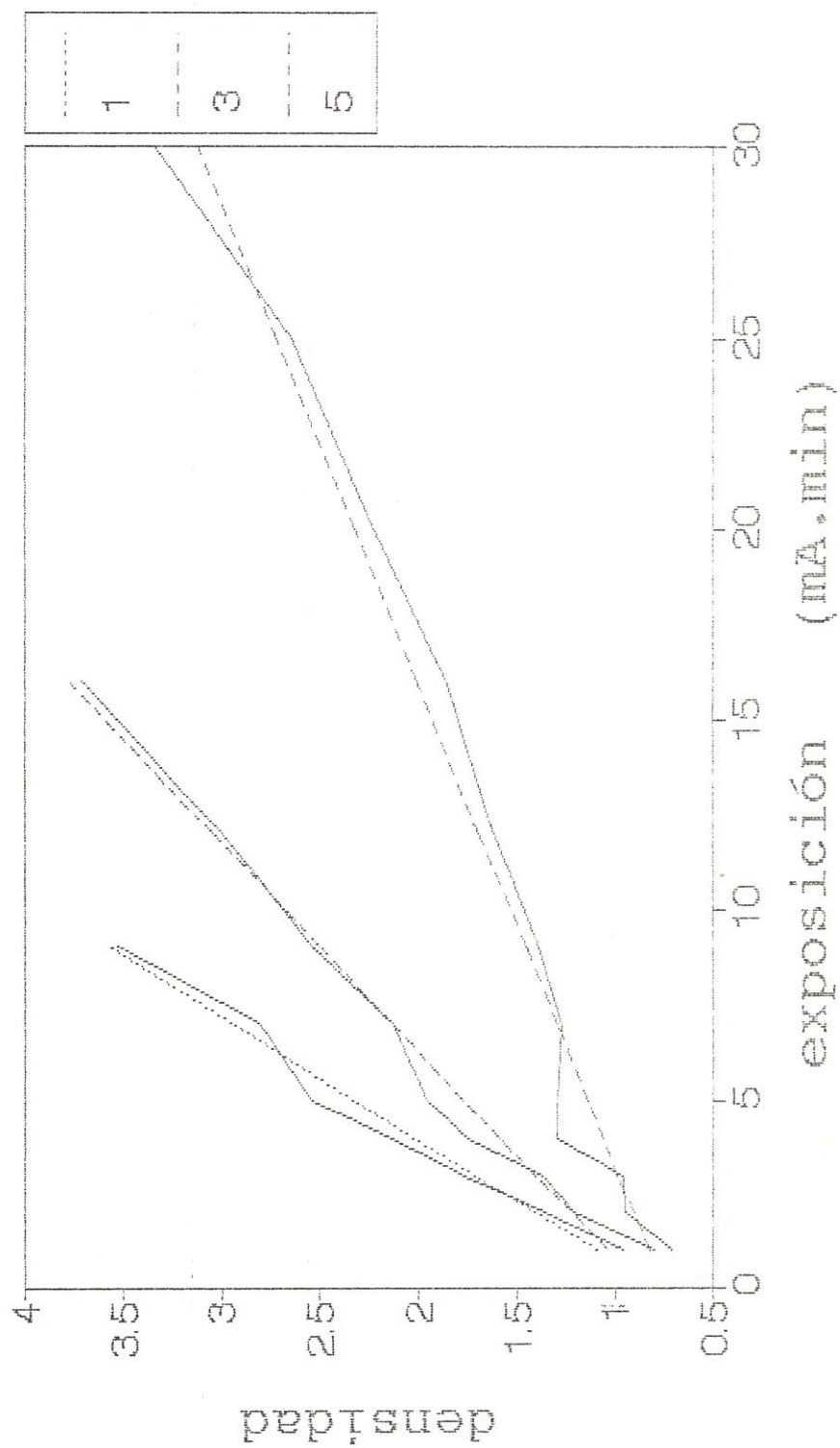


FIGURA 2.a

DENSIDAD VS EXPOSICION KV = 120

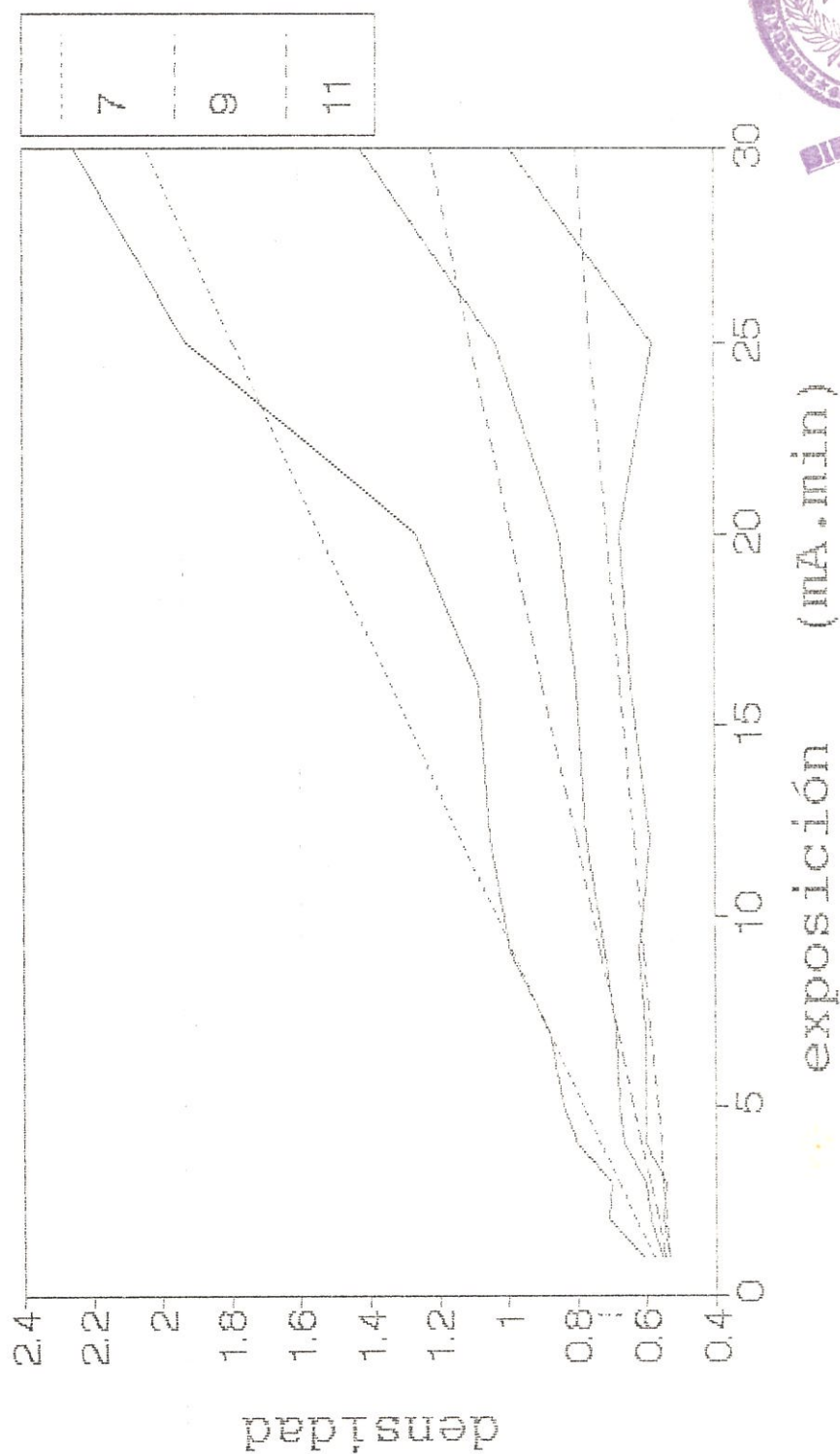
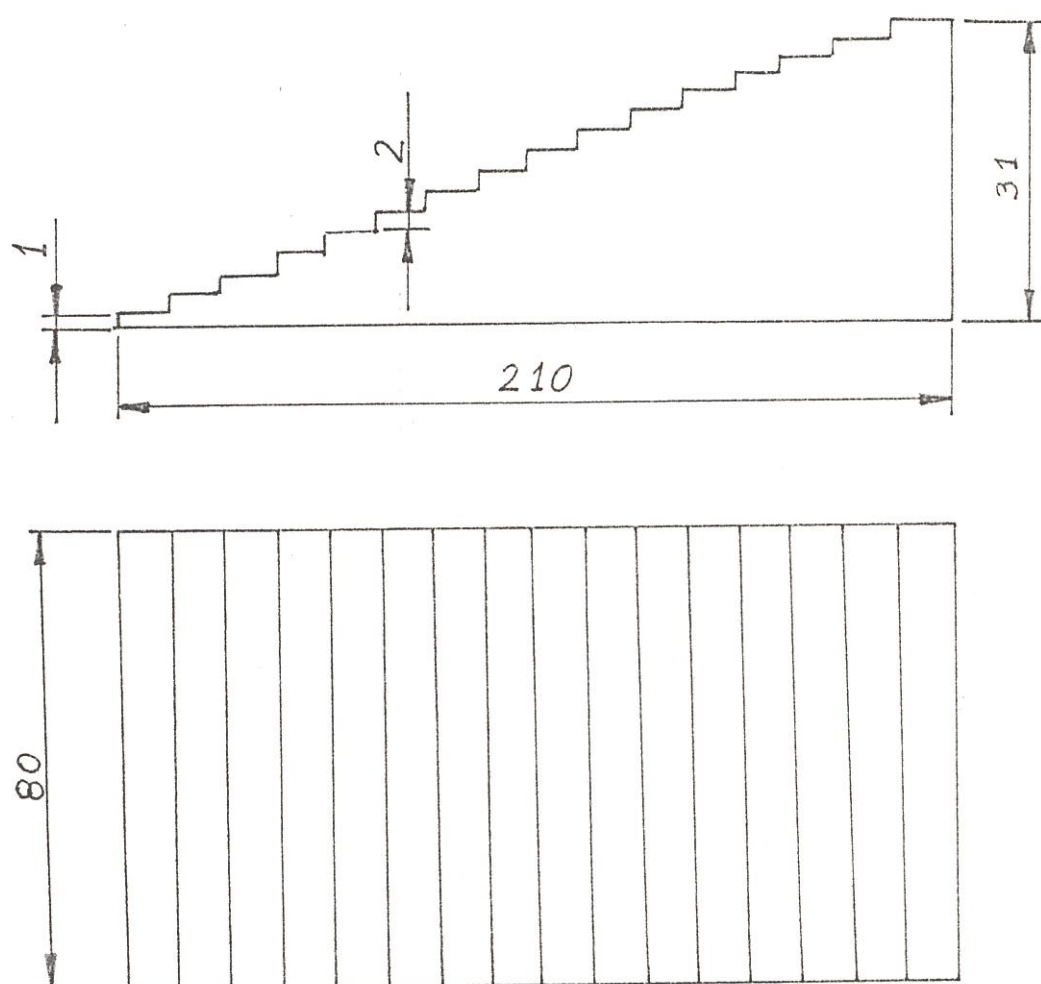


FIGURA 2.b





ESCALERILLA DE ACERO AL CARBONO (REF.1)

FIGURA 3.

Como se observa en la figura (2.a y 2.b) las gráficas son rectas que se intersectan con el eje de las ordenadas, las mismas que se representan por la ecuación :

$$d = a + b * E \quad (1)$$

- donde a es la intersección con el eje de las densidades ,el mismo que no depende del espesor ni del kilovoltaje, y se determina mediante experimentación entre 0.8 y 0.75 (Ref.3).
- b es la pendiente de cada curva y está afectada por el espesor del material y el kilovoltaje adoptado en la experiencia (Ref.3) .

Al graficar b como ordenada y el kilovoltaje como abcisa se obtienen curvas exponenciales para cada espesor de la escalerilla, las mismas que se expresan mediante la ecuación (Ref.1):

$$b = A * \left(\frac{KV}{1000} \right)^B \quad (2)$$

Donde A y B son valores que se obtienen al evaluar cada curva para cada espesor de la escalerilla

(Ref.3).

Estos valores se encuentran en el archivo del programa para determinación de densidad. Por lo tanto la ecuación (1) queda como:

$$d = a + A \left(\frac{KV}{1000} \right)^B * E \quad (3)$$



Debido a que la exposición radiográfica es directamente proporcional al cuadrado de la distancia (Ref.5).

$$E2 = E1 * (L2/L1)^2 \quad (4)$$

Donde L2 es la distancia a la que se realiza la exposición 2 y L1 es la distancia a la que se realiza la exposición 1.

La ecuación (3) queda como :

$$d = a + A \left(\frac{KV}{1000} \right)^B * E (70/L)^2 \quad (5)$$

- Donde d representa la densidad de una película para una distancia fuente-película diferente a 70 cm.
- L es la distancia fuente-película .

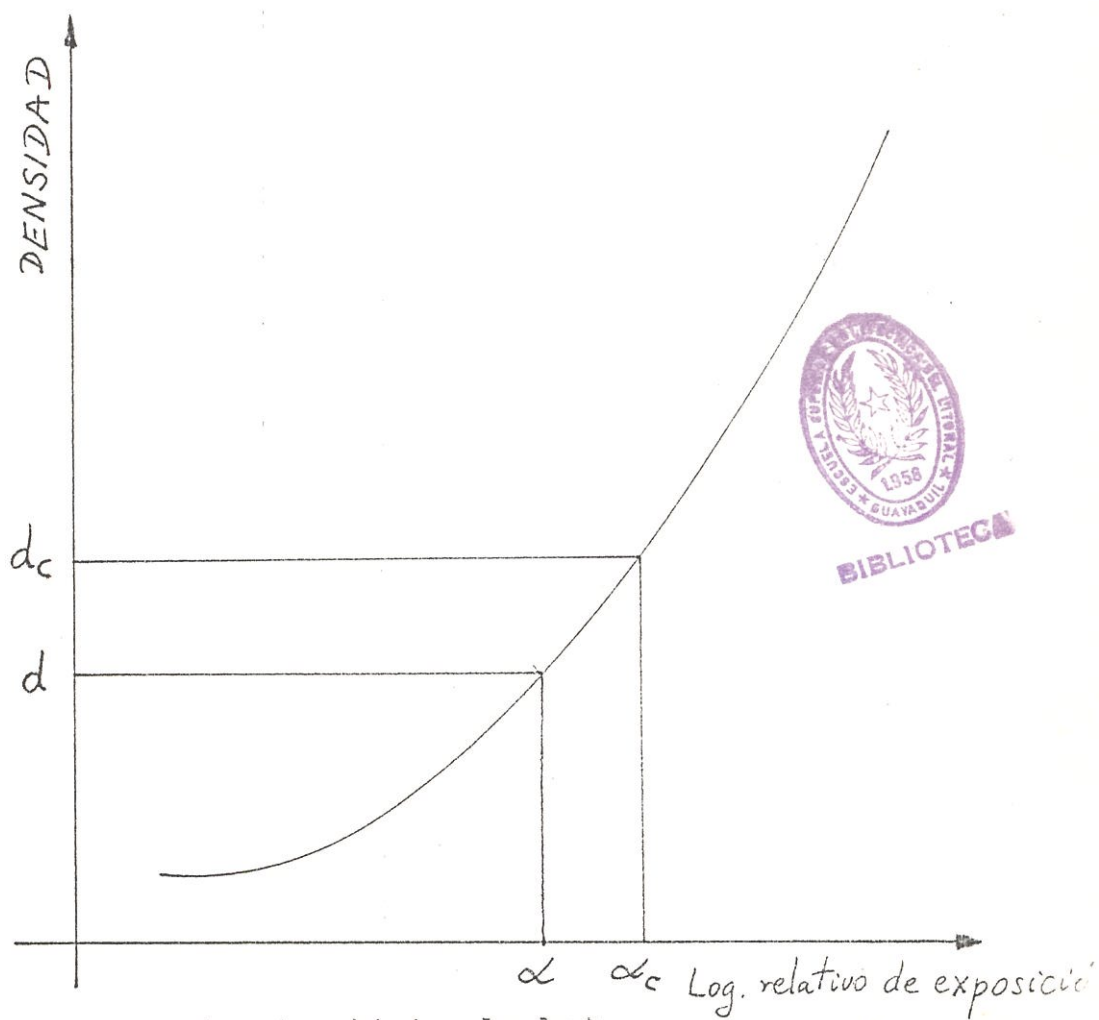
1.2.1 INFLUENCIA DEL EQUIPO USADO.

La determinación de densidad a través de la ecuación (5) lleva a valores diferentes con respecto a los obtenidos en las exposiciones reales, cuando se usa un equipo radiográfico, diferente al usado en las pruebas, con los mismos parámetros de exposición (KV, mA, min) (Ref.1).

La razón para esta desviación se debe a la diferente eficiencia de radiación del tubo usado con respecto al adoptado en los ensayos experimentales. Valores de densidad más altos son observados con tubos más eficientes y viceversa (Ref.1).

La corrección puede encontrarse haciendo referencia a la curva sensitométrica de la película D7 (figura 4).

De aquí que a partir de los datos



d_c = densidad calculada

d = densidad real

α = logaritmo de exposición relativa.

CALCULO DE DENSIDAD PARA EQUIPO USADO (REF.1).

FIGURA 4.

experimentales obtenidos se pueden obtener densidades con un equipo diferente al usado en la experiencia. Este factor correctivo se lo denomina K2.

La figura 4 muestra una curva exponencial característica, la misma que se expresa mediante la ecuación:

$$d = C * e^{aD} \quad (6.a) \quad \text{y} \quad dc = C * e^{acD} \quad (6.b)$$

Donde:

a = logaritmo de exposición relativa.

C y D coeficientes característicos de la película usada.

$$a = \frac{1}{D} \ln \frac{d}{C} \quad (7)$$

$$ac = \frac{1}{D} \ln \frac{dc}{C} \quad (8)$$

$$ac - a = \frac{1}{D} \ln \frac{dc}{d} \quad (9)$$

$$K2 = \text{antilog}(ac - a) = \text{antilog} \frac{1}{D} \ln \frac{dc}{d} \quad (10)$$

$$E2/E1=K2 \quad (11)$$

Si se relaciona la función densidad con el factor correctivo la ecuación correcta es la siguiente:

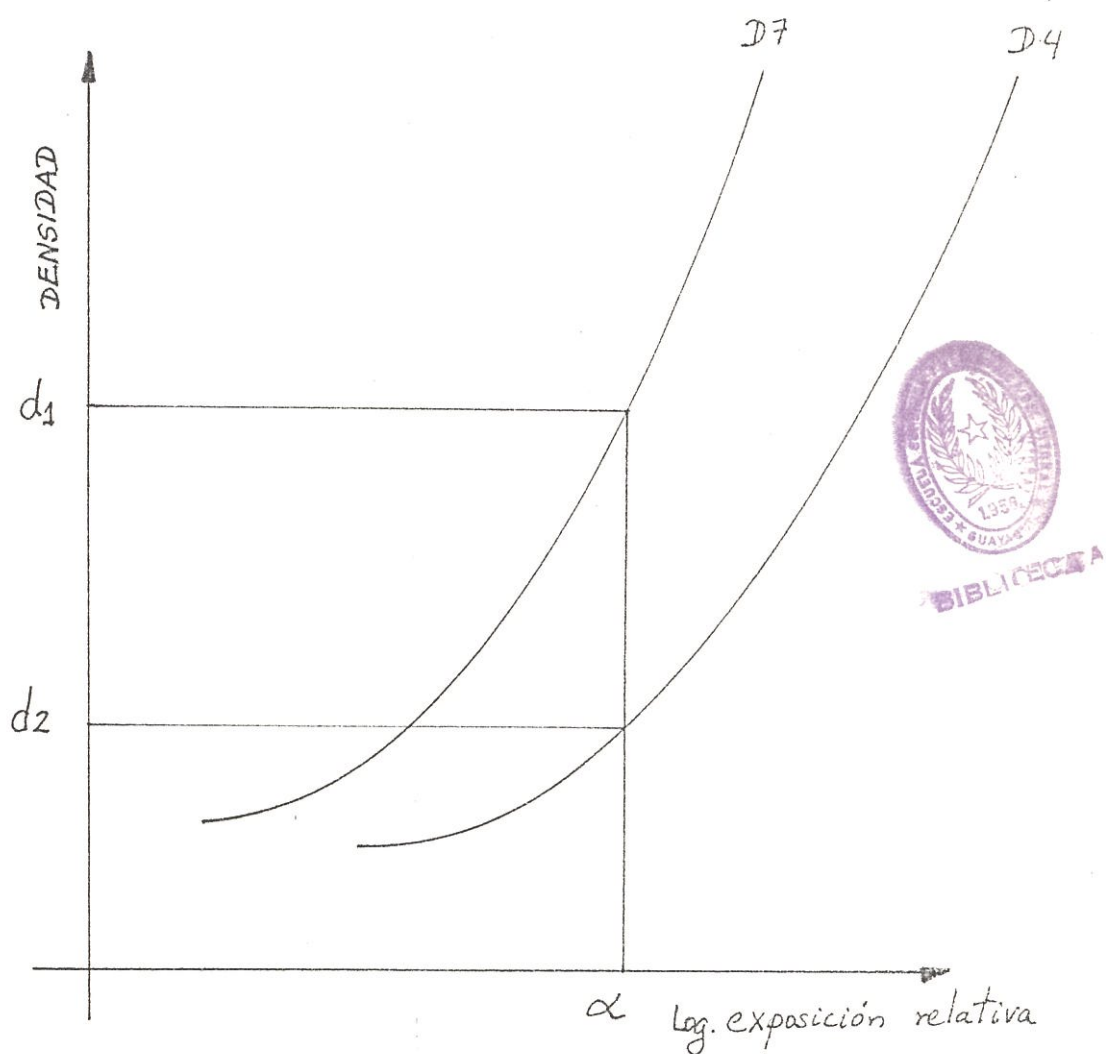
$$d=a+A(KV/1000)^B*\left(\frac{E}{K2}\right)*(70/L)^2 \quad (12)$$

De este modo se indica que K2 es el factor de calibración para el equipo disponible (Ref.1).

1.2.2 INFLUENCIA DEL TIPO DE PELICULA USADA

La densidad radiográfica resultante de una exposición dada puede determinarse por la ecuación (12) aun cuando otros tipos de películas sean usadas.

El problema se resuelve, considerando las curvas sensitométricas de ambas películas, la de D7 y la otra sobre el mismo diagrama (figura 5).



CALCULO DE DENSIDAD PARA EXPOSICION CONSTANTE
(REF. 1).

FIGURA 5.

Las curvas descritas en el gráfico se expresan mediante las ecuaciones matemáticas características de las exponenciales .

$$d1 = C1 * e^{a1 D1}$$

$$d2 = C2 * e^{a2 D2}$$

Como $a1 = a2 = a$

$$\frac{d1}{d2} = \frac{C1}{C2} * e^{a(D2 - D1)} \quad (13)$$

$$D2 = D1 \quad (\text{Ref.1})$$

$$d1 = \frac{C1}{C2} d2 \quad (14)$$

A partir de éstas curvas se determinan los coeficientes característicos de cada curva que a su vez, son de cada tipo de película (Ref.3).

Los coeficientes característicos para la película D4 y D7 son:

$$D7) \quad C=0,37 \quad ; \quad D=1,61$$



D4) C=0,19 ; D=1,61



Para el caso bajo consideración la razón entre la densidad de dos películas es independiente del valor de exposición y es expresado como sigue (Ref.3):

$$\frac{(C)D4}{(C)D7} = \frac{0.19}{0.37} = 0.513$$

$$K1 = 0.513 \quad (15)$$

$$d2 = d1 * 0.513 \quad (16)$$

Para obtener la densidad de una película tipo D4 se determina simplemente multiplicando la densidad resultante con la película D7 por la razón entre los coeficientes característicos de las películas, es decir:

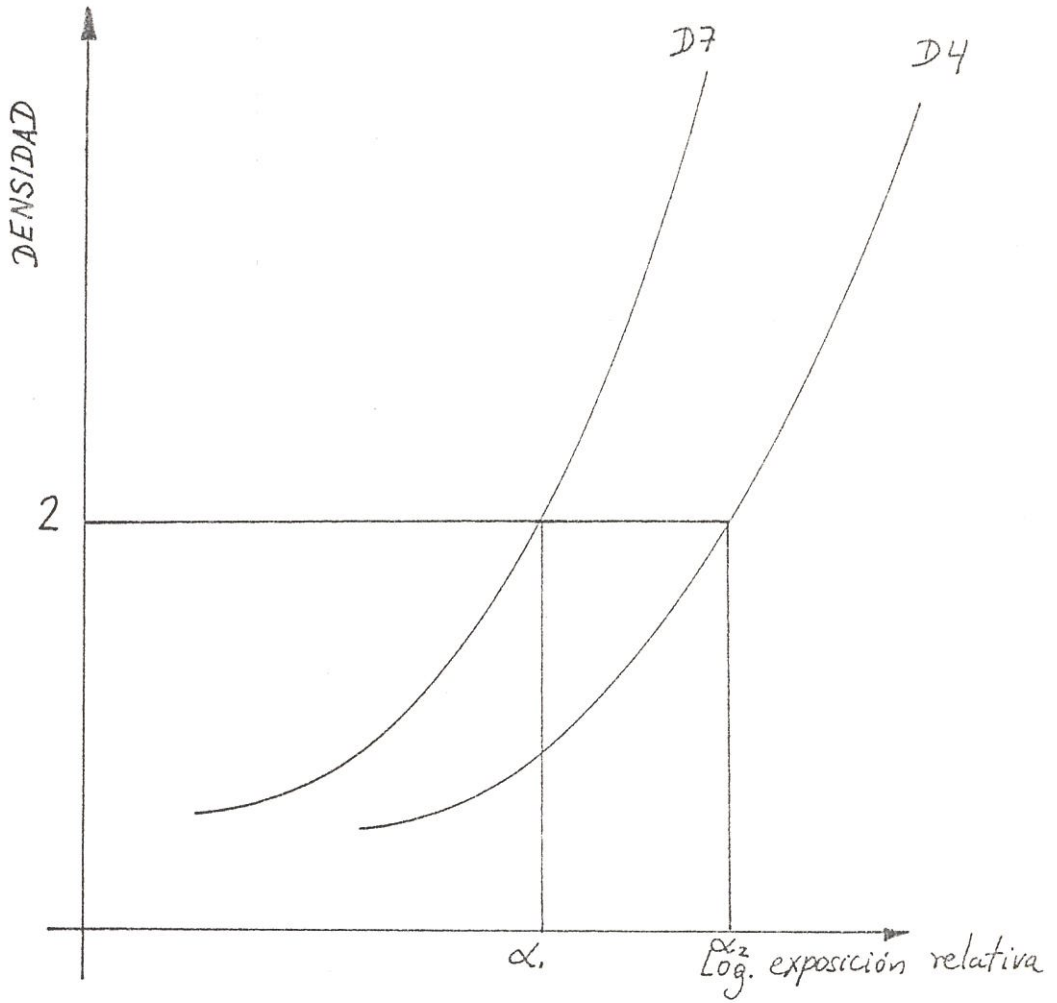
$$d4 = d7 * 0.513 \quad (17)$$

Estos resultados pueden confirmarse consultando las respectivas tablas de la parte experimental del presente trabajo, comparando las densidades

de las películas tipo D4 y D7, con respecto a una misma exposición relativa (Ref.3).

Cuando la función exposición es de interés (en lugar de la densidad), los cálculos para exposición radiográfica E debe tener otro factor correctivo K_1 (Ref.1).

Este factor correctivo se determina usando las curvas sensitométricas de las dos películas D7 y D4 con respecto a una misma densidad, ver figura 6.



CALCULO DE EXPOSICION PARA DENSIDAD CONSTANTE
(REF.1).

FIGURA 6.

Como anteriormente se hizo las curvas características se expresan mediante las ecuaciones 6.a y 6.b (Ref.1).

Para una misma densidad se determina que:

$$d1 = C1 * e^{a1 D1}$$

$$d2 = C2 * e^{a2 D2}$$

$$a1 = \frac{1}{D1} \ln \frac{d1}{C1} \quad (18)$$

$$a2 = \frac{1}{D2} \ln \frac{d2}{C2} \quad (19)$$

$$a2 - a1 = \ln \frac{\left(\frac{d2}{C2}\right)^{1/D1}}{\left(\frac{d1}{C1}\right)^{1/D1}} \quad (20)$$

Como $d1 = d2 = d$

$$K = \ln \frac{(d/C2)^{1/D1}}{(d/C1)^{1/D1}} \quad (21)$$



La razón entre las exposiciones con respecto a las películas bajo consideración es expresado como (Ref.1):

$$E2/E1 = \text{antilog}(K) = K1 \quad (22)$$



Como K1 es una función del nivel requerido de densidad así como de los coeficientes característicos de las películas de interés, el uso de la ecuación (25), es útil aun para otro tipo de película que la D7.

Con referencia a una densidad igual a 2 se puede determinar el factor correctivo en función de los coeficientes característicos de D4 y D7.

$$K1 = \text{antilog} \ln \frac{(2/0.19)^{1/1.61}}{(2/0.37)^{1/1.61}} = 2.59 \quad (23)$$

Con este valor se puede determinar la exposición de una película D4 con referencia a una película D7.

1.3 DETERMINACION DE EXPOSICION RADIOGRAFICA CON RESPECTO A UNA DENSIDAD DADA.

A partir de (1) se despeja y se tiene:

$$E = \frac{d - a}{b} \quad (24)$$

En esta fórmula:

- d es nivel de densidad que se asume como fijo para todas las exposiciones de interés, en este caso igual a 2 (Ref.3).

- a y b son coeficientes determinados experimentalmente, a es un valor constante, mientras que b depende del voltaje y espesor de la plancha a radiografiar (Ref.1).

En el trabajo experimental DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA DETERMINACION DE EXPOSICION RADIOGRAFICA, se observa que a partir de la ecuación (24) se obtienen diferentes curvas en formas exponenciales, las mismas que se expresan como ecuaciones matemáticas de la forma (Ref.3) :

$$E = M * e^{NT} \quad (25)$$

- Donde M y N son coeficientes que dependen de los voltajes del tubo y se determinan evaluando cada curva (Ref.3).
- T es el espesor a radiografiarse.



Estos coeficientes son determinados para cada curva desde 120 KV hasta 300 KV a incrementos de 10 KV (Ref.3).

Además estos coeficientes se encuentran en el archivo del programa de exposición radiográfica y con referencia a un nivel de densidad igual a 2.

A través de un factor correctivo de la ley inversa al cuadrado se modifica la ecuación (25) para distancia fuente-película diferente a 70 cm.

$$E = M \cdot e^{NT} (L/70)^2 \quad (26)$$

Si se introduce el factor correctivo K1 para el tipo de película usada y el factor correctivo para el tipo de equipo usado K2 la ecuación (26) queda(Ref.1):

$$E = K1 \cdot K2 \cdot M \cdot e^{NT} (L/70)^2 \quad (27)$$

1.4 IMPORTANCIA DE LOS METODOS COMPUTACIONALES EN RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.

Un programa es un conjunto de instrucciones debidamente codificados de tal modo que permite controlar las operaciones de un computador.

Las instrucciones deben escribirse en forma lógica de tal forma que el computador las codifique y asimile en forma adecuada.

La importancia fundamental que se le atribuye a los métodos computacionales es la rapidez, exactitud y versatilidad que proporcionan al operario sin que tenga que acudir a diagramas de exposiciones ni curvas sensitométricas.

Otra importancia de los métodos es que proporcionan un mínimo de experiencia al personal asignado a la examinación radiográfica, sin tener que acudir al laboratorio y realizar pruebas, evitando que se exponga a la radiación .



BIBLIOTECA

CAPITULO II

UTILIZACION DE COMPUTADORAS PARA DETERMINACION DE DENSIDAD Y EXPOSICION RADIOGRAFICA .

2.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA DETERMINACION DE DENSIDAD RADIOGRAFICA.

El programa a desarrollarse en el presente trabajo requerirá la entrada de los siguientes parámetros:

- 1) Material:ACERO
- 2) Espesor (milímetros)
- 3) Distancia fuente-película (cm)
- 4) Tipo de película (D7 o D4)
- 5) Factor correctivo K2
- 6) Corriente del tubo (miliamperios)
- 7) Kilovoltaje del tubo (KV)
- 8) Tiempo (minutos)

Descripción de cada uno de los parámetros.

- 1) El programa tiene asignado el material que se va a examinar que es acero.
- 2) El segundo dato que pide el programa es el espesor

de la plancha que va a ser radiografiada.

Este tiene un rango de 1 a 31 mm , debido a que son los espesores en que se basa la experiencia (Ref.3).

- 3) El tercer parámetro que solicita el programa es la distancia fuente-película que está en un rango de (5-150cm), el mismo que ha sido asignado para darle mayor versatilidad .
- 4) Este se refiere al tipo de película que puede ser D7 o D4 , porque son las que se usaron en la experimentación (Ref.3).
- 5) Aquí se debe introducir el factor correctivo del equipo usado K2, el mismo que tiene un rango de 0.1 a 3.0. El valor de K2 es menor a 1 si el equipo disponible es más eficiente que el usado en el presente trabajo y es mayor a 1 si es menos eficiente (Ref.1).
- 6) En este dato se hace referencia a la corriente del tubo que está entre 1 y 15 miliamperios , para usar todas las exposiciones realizadas en la experiencia (Ref.3).

- 7) Este parámetro se refiere al kilovoltaje aplicado que está en un rango de 100 a 300 KV, el mismo que permite usar todos los valores del equipo usado (Ref.4).
- 8) Es el tiempo que se va a someter el objeto a exposición radiográfica y tiene un rango de 0.1 a 30 minutos. Este intervalo ha sido asignado para abarcar todas las exposiciones realizadas en la experiencia (Ref.3).

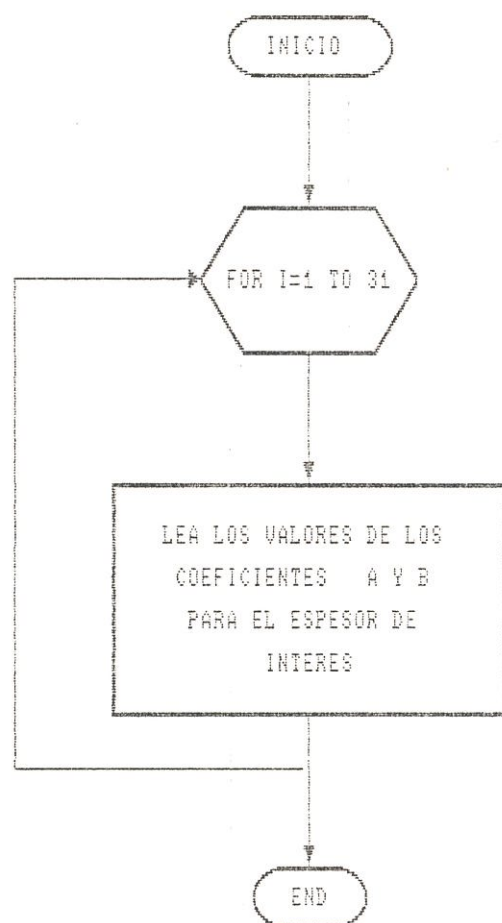
2.2 DIAGRAMAS DE FLUJO PARA DENSIDAD RADIOGRAFICA.

Es importante destacar que para escribir un programa, primero se debe entender en que consiste el problema y como se lo va a solucionar.

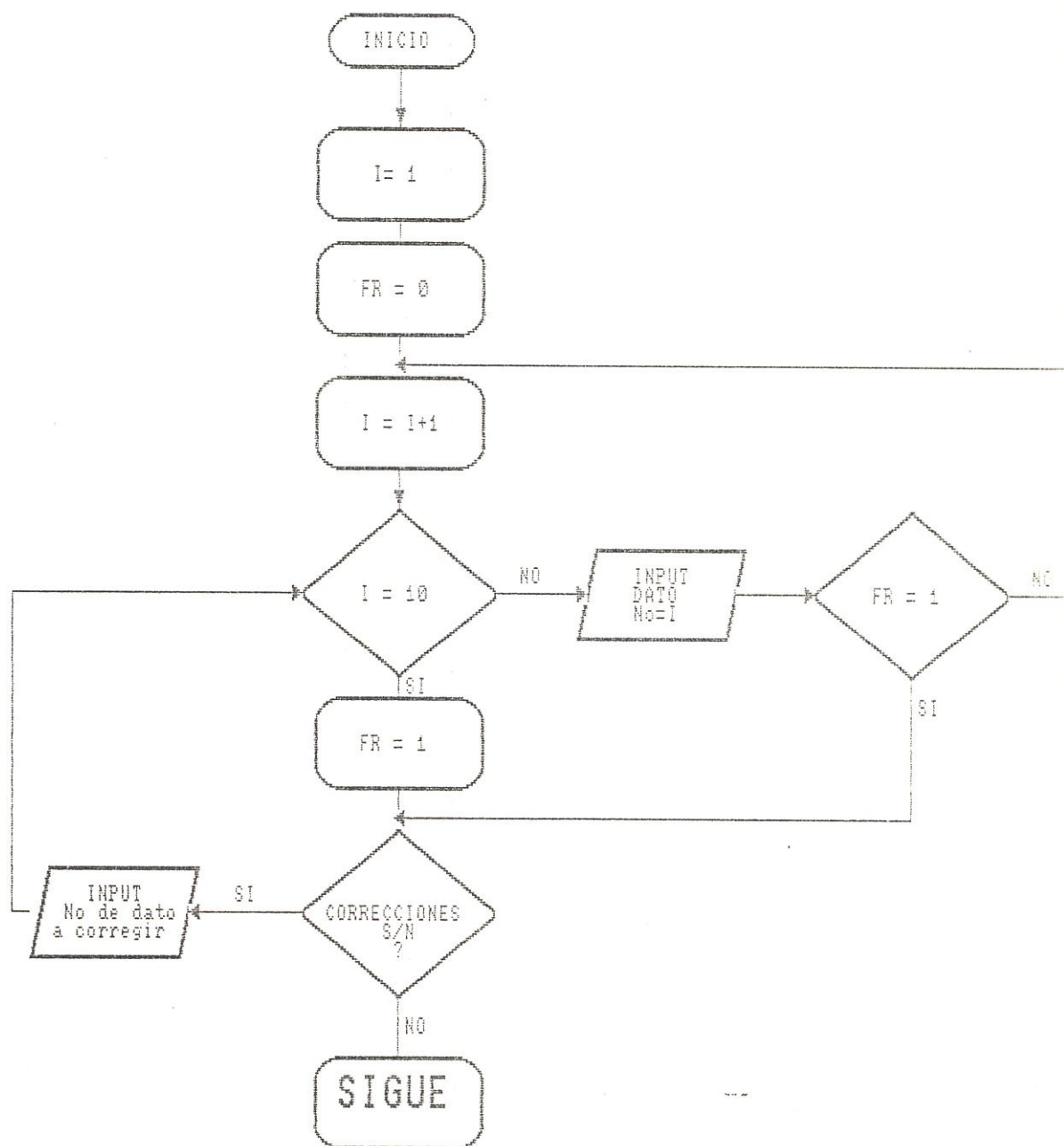
Para esto nos valemos de los algoritmos que son formas de resolver un problema para luego expresar su forma de solución en diagramas de flujos, que a su vez están separados en 6 subrutinas que ayudan al operario a entender mejor el programa.

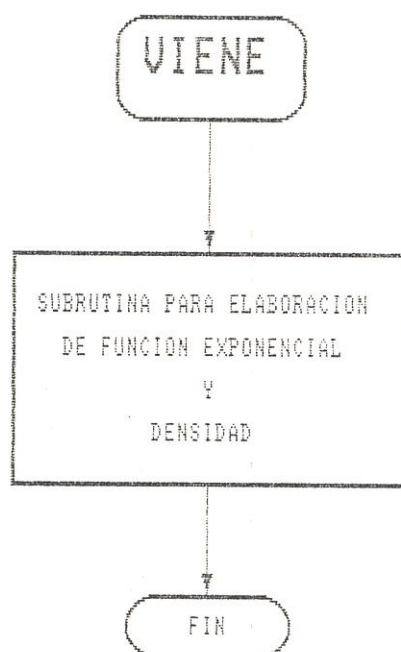
A continuación se presentan las 6 subrutinas principales del programa .

2.2.1 SUBROUTINA PARA LEER DATOS DE
LA FUNCION EXPONENCIAL

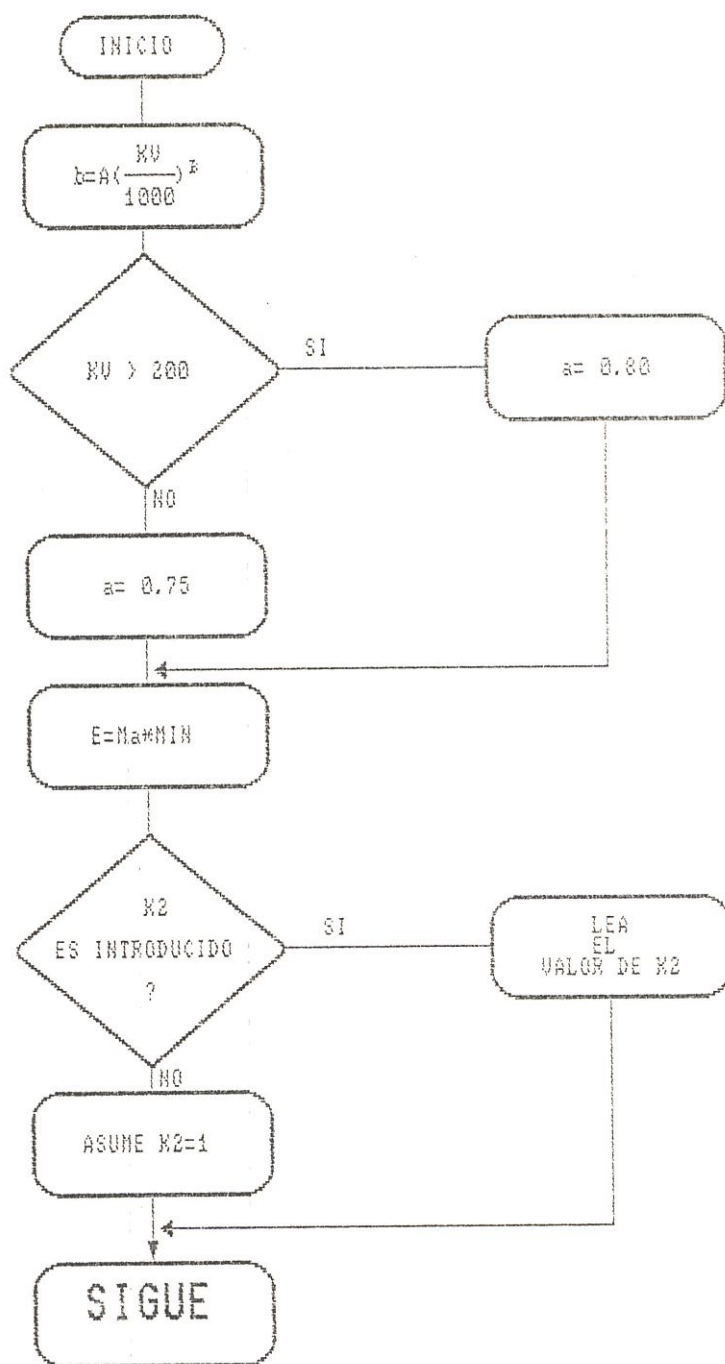


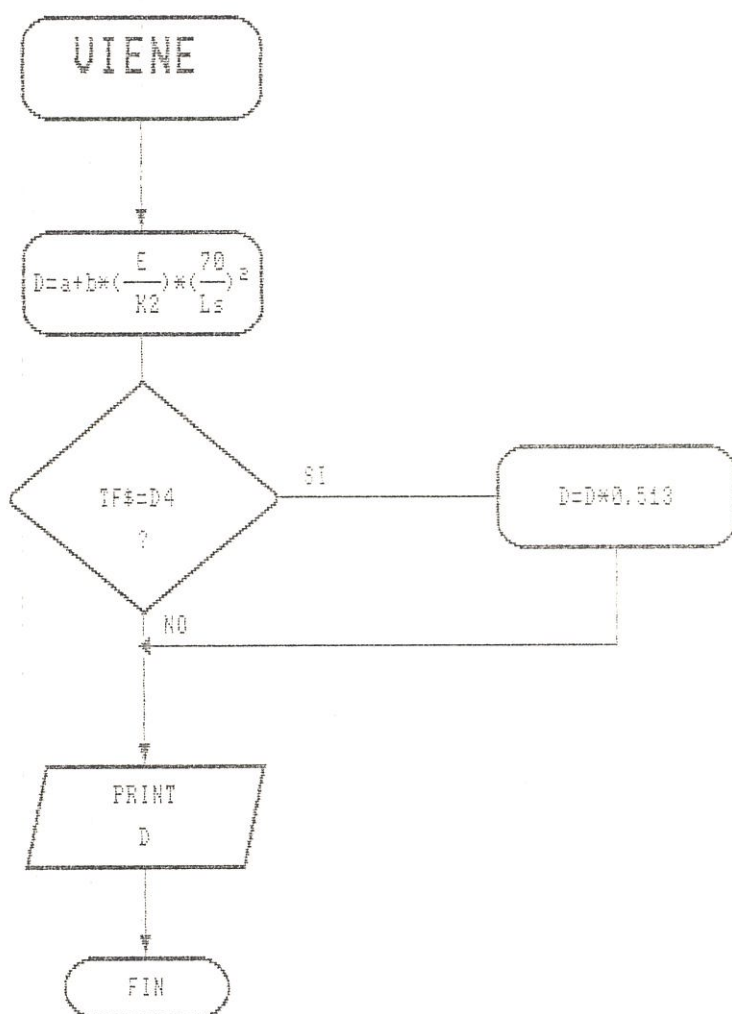
2.2.2 SUBROUTINA PARA INTRODUCIR DATOS



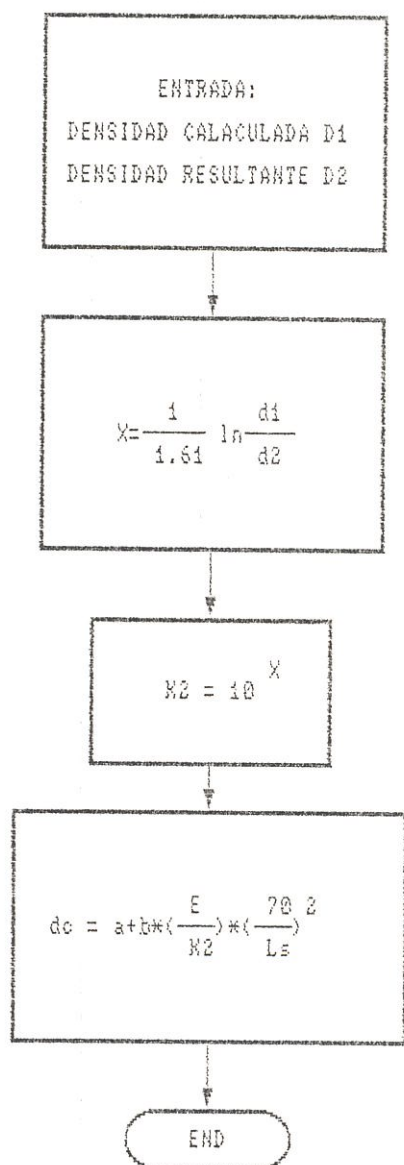


2.2.3 SUBROUTINA PARA DETERMINAR LA DENSIDAD RADIOGRAFICA

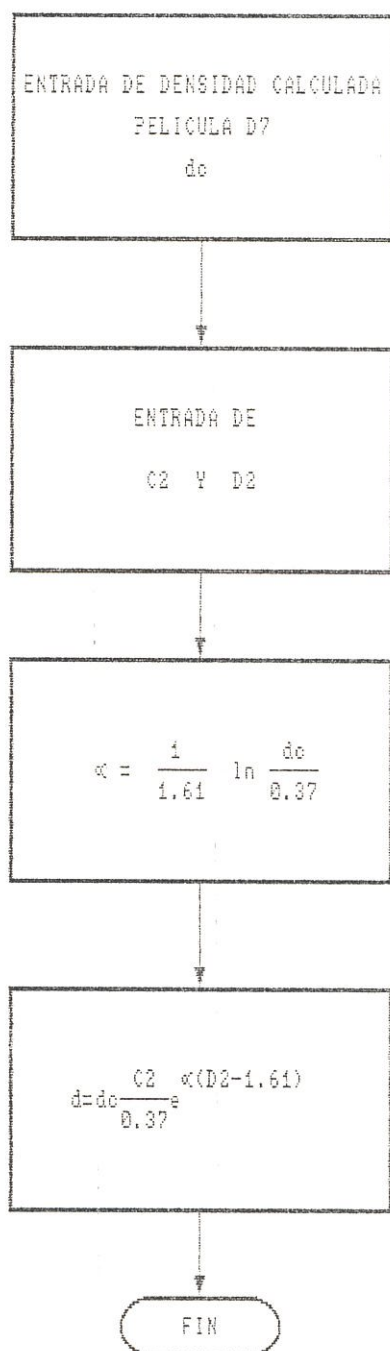




2.2.4 SUBROUTINA PARA DETERMINAR FACTOR DE CORRECCI PARA EL EQUIPO RADIOGRAFICO USADO



2.2.5 SUBROUTINA PARA DETERMINAR FACTOR DE CORRECCION PARA DIFERENTES TIPOS DE PELICULAS USADAS



2.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA DETERMINACION DE EXPOSICION RADIOGRAFICA.

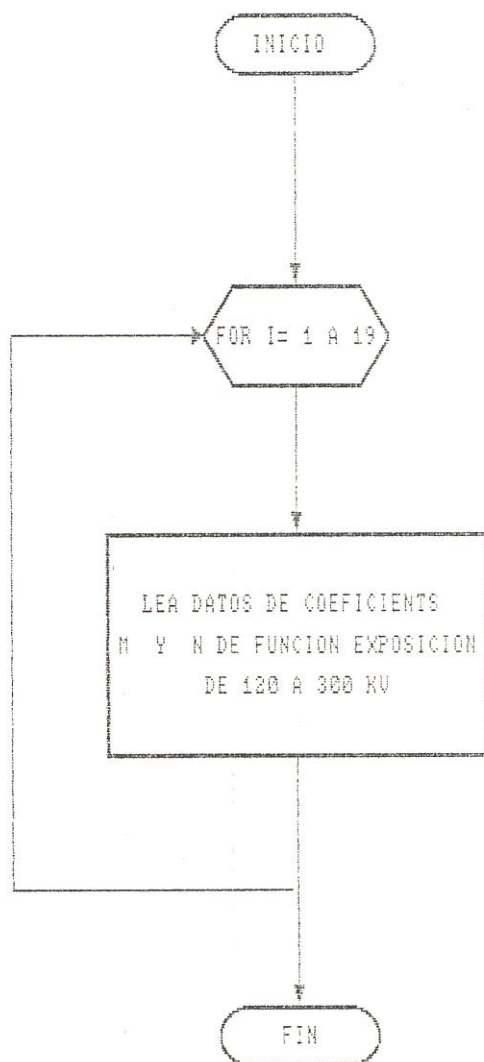
De forma similar al programa anterior se requiere introducir:

- 1) MATERIAL:ACERO
- 2) ESPESOR (de 1 a 31 mm)
- 3) DISTANCIA FUENTE-PELICULA (de 5 - 150 cm)
- 4) TIPO DE PELICULA (D7 O D4)
- 5) CORRIENTE DEL TUBO ,mAmax(DE 1 a 15 mA)
- 6) KILOVOLTAJE,KVmax (de 200 a 300 KV)
- 7) K2 (de 0.1 a 3.0)

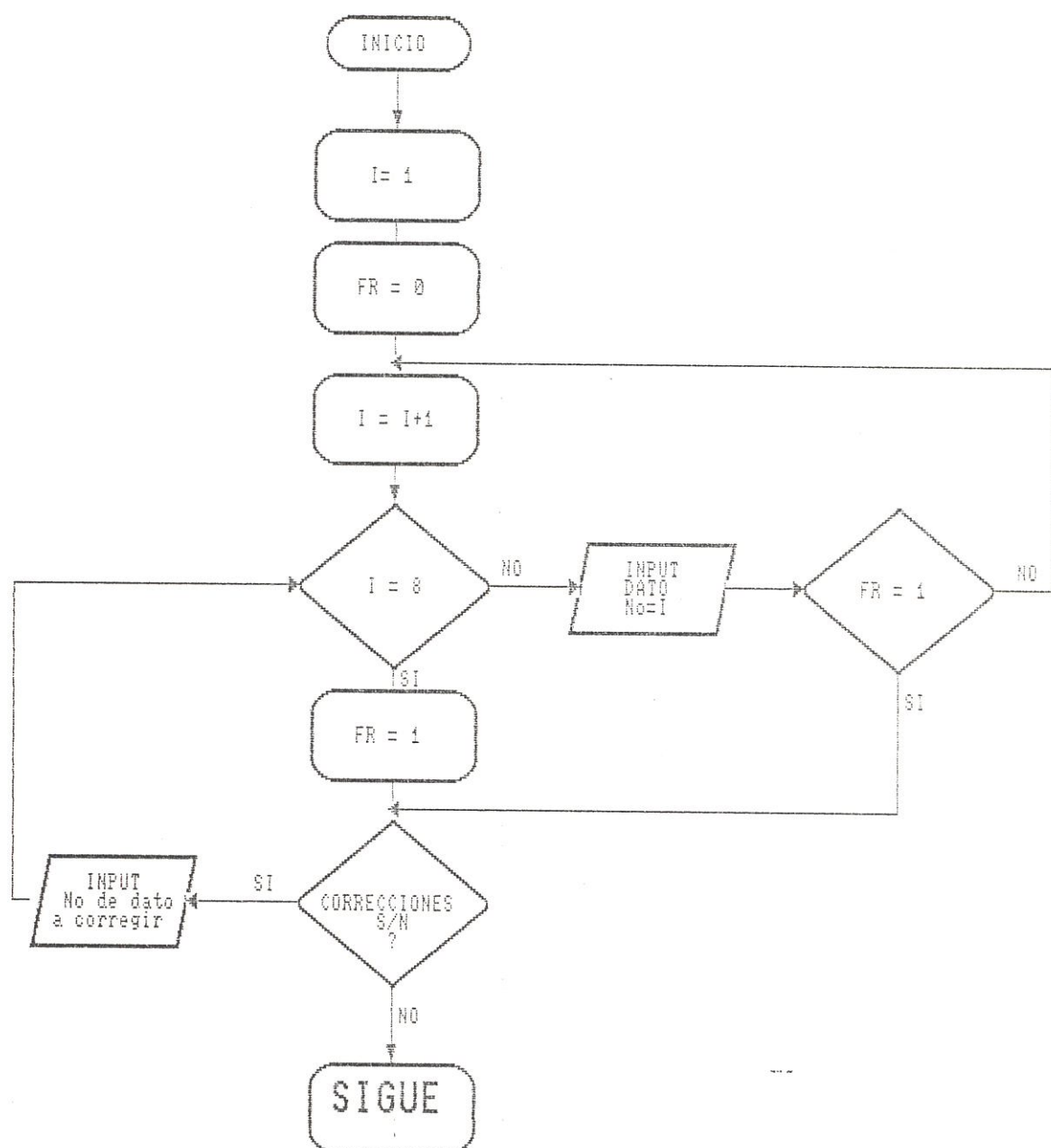
Este subprograma da como resultado:el kilovoltaje , miliamperaje y tiempo de exposición con los parámetros anteriormente introducidos para obtener valores de densidad alrededor de 2.

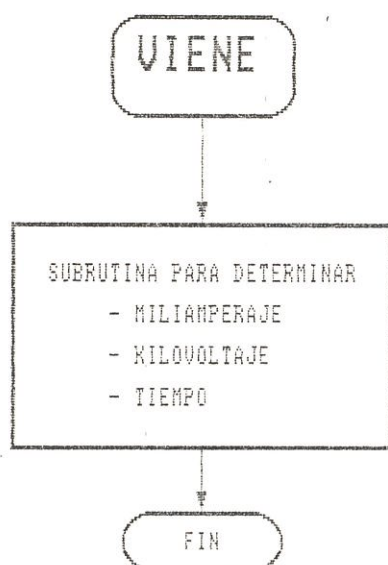
Se debe hacer hincapié que el kilovoltaje introducido es máximo,es decir que no necesariamente es igual al que el programa da como resultado,pues busca el kilovoltaje más adecuado que puede ser menor o igual.

2.4.1 SUBROUTINA PARA LEER DATOS DE
LA FUNCION EXPOSICION

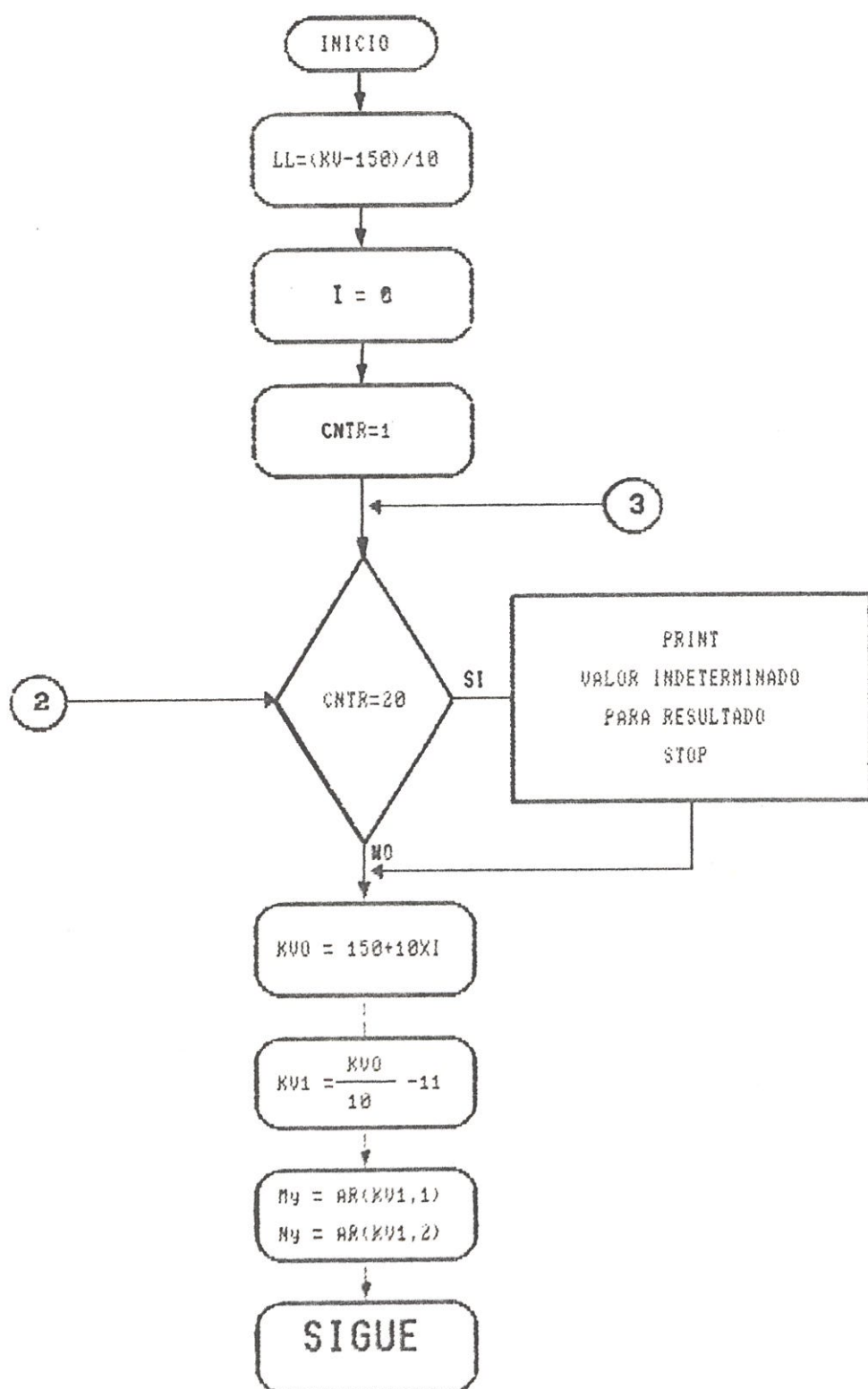


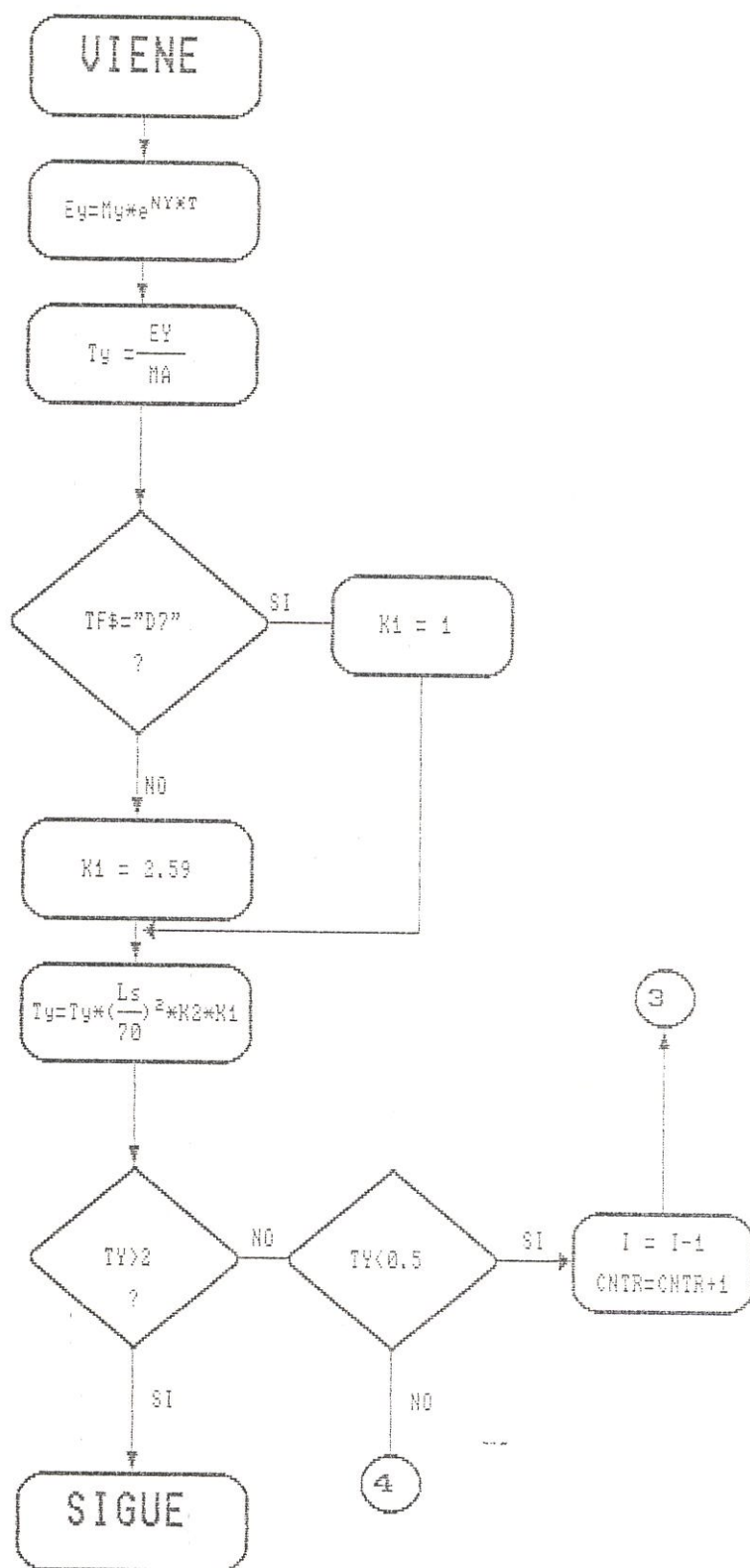
2.4.2 SUBROUTINA PARA INTRODUCIR DATOS PARA CALCULO DE PARAMETROS DE EXPOSICION

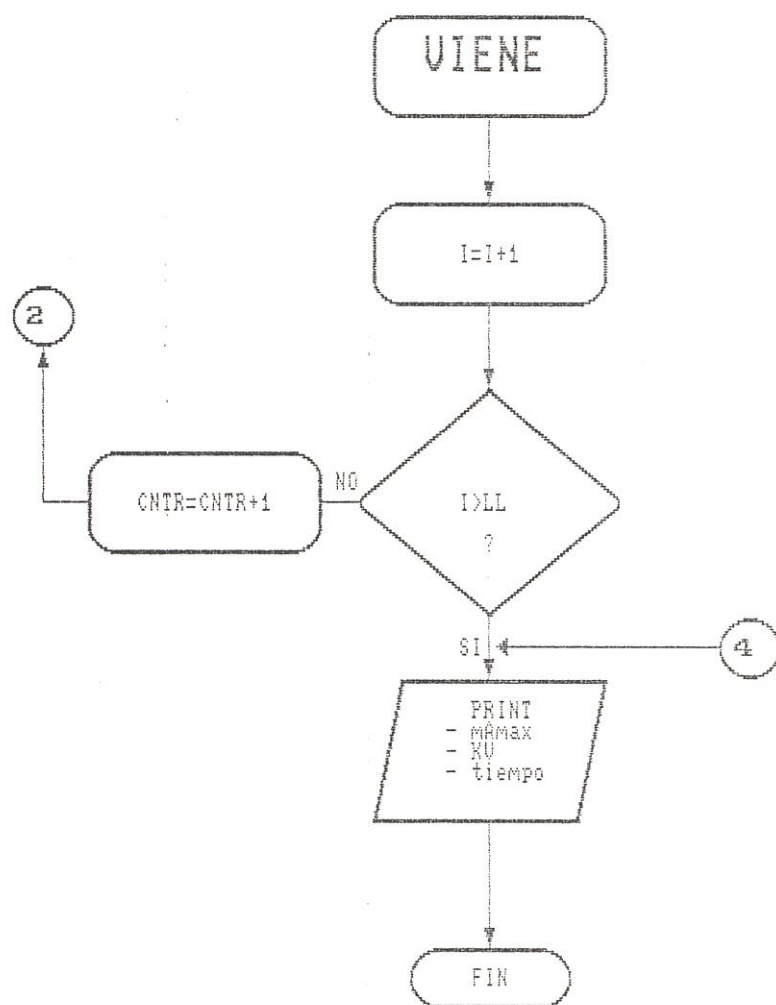




2.4.3 SUBROUTINA PARA DETERMINAR PARAMETROS DE EXPOSICION: TIEMPO, KILOVOLTAJE Y MILIAMPERAJE







CAPITULO III

APLICACION DEL PROGRAMA

La aplicación del programa consiste en determinar la densidad radiográfica y exposición radiográfica con ayuda del computador.

Para ambos programas se ha utilizado como objeto experimental una escalera de acero al carbono, descrita anteriormente (Ref.1).

3.1 DETERMINACION DE DENSIDAD RADIOGRAFICA

3.1.1 INGRESO DE DATOS

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	5
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	2
KILOVOLTAJE (KV)	120
TIEMPO (MIN)	1

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	7
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	3
KILOVOLTAJE (KV)	140
TIEMPO (MIN)	3

MATERIAL	ACERO
ESPEJOR (MM)	11
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	4
KILOVOLTAJE (KV)	160
TIEMPO (MIN)	3

MATERIAL	ACERO
ESPEJOR (MM)	13
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	3
KILOVOLTAJE (KV)	180
TIEMPO (MIN)	3

MATERIAL	ACERO
ESPEJOR (MM)	17
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	4
KILOVOLTAJE (KV)	200
TIEMPO (MIN)	4

MATERIAL	ACERO
ESPEJOR (MM)	21
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	3
KILOVOLTAJE (KV)	220
TIEMPO (MIN)	5

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	27
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D4
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	5
KILOVOLTAJE (KV)	240
TIEMPO (MIN)	4

3.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS

DENSIDADES OBTENIDAS A PARTIR DEL COMPUTADOR

DISTANCIA FUENTE PELICULA = 70 CM

KV = 120

TIPO DE PELICULA = D7

EXPOSICION	ESPESOR MM															
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
má.min																
1	1.17	1.03	0.9	0.84	0.8	0.78	0.77	0.75								
2	1.63	1.31	1.05	0.94	0.86	0.82	0.8	0.76								
3	2	1.59	1.2	1.03	0.91	0.85	0.82	0.76								
4	2.42	1.87	1.35	1.12	0.96	0.88	0.85	0.77								
5	2.84	2.15	1.5	1.22	1.02	0.92	0.87	0.77								
7	3.67	2.71	1.8	1.4	1.12	0.98	0.92	0.78								
9		3.28	2.1	1.69	1.23	1.05	0.97	0.79								
12			2.85	1.87	1.39	1.15	1.04	0.81								
15			3.15	2.21	1.61	1.28	1.13	0.83								
20				2.61	1.82	1.41	1.23	0.85								
25				3.03	2.09	1.53	1.35	0.87								
30					2.35	1.74	1.47	0.9								

DISTANCIA FUENTE PELICULA = 70 CM KV = 160 TIPO DE PELICULA = D7

EXPOSICION		ESPESOR MM															
		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
mN.min																	
1	1.35	1.21	1.01	0.93	0.86	0.82	0.81	0.77	0.76								
2	1.95	1.66	1.28	1.1	0.97	0.9	0.86	0.78	0.78								
3	2.56	2.12	1.54	1.23	1.08	0.97	0.92	0.8	0.79								
4	3.16	2.63	1.8	1.45	1.19	1.05	0.98	0.81	0.81								
5	3.76	3.03	2.06	1.63	1.31	1.12	1.04	0.83	0.82								
7			2.69	1.93	1.53	1.27	1.15	0.86	0.85	0.83							
9			3.11	2.34	1.76	1.42	1.26	0.89	0.88	0.85	0.8						
12				2.86	2.08	1.65	1.44	0.94	0.93	0.88	0.82	0.82					
16				3.57	2.63	1.94	1.66	1.01	0.99	0.93	0.85	0.84	0.81	0.8			
20					2.97	2.24	1.89	1.07	1.05	0.97	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79		
25						2.61	2.18	1.15	1.12	1.03	0.9	0.89	0.84	0.82	0.8	0.79	
30						2.99	2.46	1.23	1.2	1.08	0.93	0.92	0.86	0.84	0.81	0.8	0.8

TIPO DE PELICULA = D7

KV = 180

DISTANCIA FUENTE PELICULA = 70 CM

EXPOSICION		ESPESOR MM														
má.min	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
1	158	145	118	106	96	9	087	079	079							
2	242	215	161	137	117	106	1	084	083	081	078					
3	325	285	204	168	139	121	112	083	087	084	08	079				
4		355	248	199	16	136	124	093	092	087	081	081	079			
5			291	23	181	152	135	097	096	09	083	082	08	079		
7				292	223	182	161	106	104	096	085	085	082	08	079	
9					265	219	185	115	112	102	089	088	084	082	08	079
12					329	259	222	128	125	111	093	092	087	084	082	081
16						32	271	145	141	123	099	097	091	087	084	083
20							321	164	158	135	106	103	095	091	087	085
25							382	185	178	15	113	11	1	095	09	087
30								208	199	165	121	117	106	098	093	09



BIBLIOTECA

TIPO DE PELICULA = D7

KV = 200

DISTANCIA FUENTE PELICULA = 70 CM

EXPOSICION		ESPESOR MM															
		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
má.min																	
1		1.86	1.78	1.42	1.26	1.13	1.04	0.90	0.86	0.85	0.82	0.79	0.73				
2		2.98	2.81	2.09	1.77	1.5	1.33	1.24	0.97	0.95	0.9	0.82	0.81	0.8			
0		4.09	3.83	2.77	2.29	1.88	1.62	1.48	1.08	1.06	0.97	0.86	0.84	0.82			
4				3.44	2.8	2.26	1.91	1.72	1.19	1.16	1.05	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.8
5					3.31	2.64	2.2	1.97	1.31	1.26	1.12	0.93	0.91	0.87	0.84	0.82	0.81
7						3.39	2.79	2.45	1.83	1.47	1.27	1	0.97	0.92	0.88	0.85	0.84
9							3.37	2.94	1.75	1.67	1.42	1.07	1.03	0.97	0.92	0.88	0.87
12								3.67	2.08	1.93	1.64	1.17	1.12	1.04	0.98	0.93	0.9
16									2.63	2.39	1.93	1.31	1.25	1.13	1.05	0.99	0.96
20									2.97	2.79	2.23	1.45	1.37	1.23	1.13	1.05	1.01
25									3.63	3.31	2.6	1.63	1.53	1.35	1.22	1.12	1.07
30										3.32	2.97	1.81	1.69	1.47	1.32	1.2	1.14

DISTANCIA FUENTE PELICULA = 70 CM

KV = 220

TIPO DE PELICULA = D7

EXPOSICION		ESPESOR MM															
	mAs/min	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
	1	2.25	2.25	1.8	1.61	1.44	1.32	1.25	1.05	1.03	0.97	0.88	0.86	0.85	0.84	0.83	
	2	3.69	3.71	2.81	2.42	2.07	1.84	1.7	1.31	1.26	1.13	0.95	0.93	0.91	0.89	0.87	0.86
	3			3.81	3.22	2.71	2.35	2.15	1.82	1.5	1.3	1.03	0.93	0.95	0.93	0.9	0.89
	4				4.03	3.35	2.83	2.61	2.07	1.73	1.47	1.1	1.05	1.01	0.97	0.94	0.92
	5					3.93	3.4	3.05	2.53	1.96	1.63	1.18	1.12	1.05	1.01	0.97	0.95
	7						4.44	3.95	3.09	2.42	1.97	1.33	1.25	1.17	1.1	1.04	1.02
	9									2.89	2.3	1.48	1.38	1.27	1.18	1.11	1.078
	12									3.58	2.8	1.7	1.57	1.43	1.31	1.22	1.17
	16										3.47	2	1.83	1.64	1.48	1.35	1.29
	20										4.13	2.3	2.09	1.85	1.64	1.49	1.42
	25											2.68	2.41	2.12	1.85	1.67	1.57
	30											3.05	2.73	2.38	2.07	1.84	1.73

DISTANCIA FUENTE PELICULA = 70 CM

KV = 240

TIPO DE PELICULA = D7

EXPOSICION		ESPESOR MM															
m³/min		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
1		2.64	2.8	2.25	2.02	1.83	1.68	1.59	1.34	1.29	1.15	2.95	0.93	0.91	0.89	0.87	
2		4.47	4.79	3.7	3.25	2.85	2.57	2.39	1.89	1.78	1.5	1.1	1.05	1.02	0.98	0.95	
3						3.88	3.45	3.18	2.43	2.27	1.85	1.25	1.18	1.12	1.06	1.02	1.01
4								3.98	2.97	2.75	2.2	1.4	1.3	1.23	1.15	1.1	1.07
5									3.51	3.25	2.55	1.55	1.43	1.34	1.24	1.17	1.14
7											2.72	1.85	1.68	1.56	1.41	1.32	1.28
9											3.95	2.15	1.93	1.77	1.59	1.47	1.42
12												2.6	2.3	2.1	1.85	1.7	1.62
16												3.2	2.8	2.53	2.2	2	1.9
20													3.3	2.95	2.55	2.29	2.17
25														3.51	2.99	2.67	2.51
30															3.43	3.04	2.85

3.2 DETERMINACION DE PARAMETROS DE EXPOSICION

3.2.1 INGRESO DE DATOS

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	3
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
MAX.CORRIENTE (mA)	3
MAX.VOLTAJE (KV)	200
K2	1

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	5
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D4
MAX.CORRIENTE (mA)	5
MAX.VOLTAJE (KV)	200
K2	1

MATERIAL	ACERO
ESPEJOR (MM)	7
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
MAX.CORRIENTE (mA)	4
MAX.VOLTAJE (KV)	250
K2	1

MATERIAL	ACERO
ESPEJOR (MM)	11
DISTANCIA FUENTE - PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
MAX.CORRIENTE (mA)	4
MAX.VOLTAJE (KV)	240
K2	1

3.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS

TIEMPO (MIN)	1.2
MILIAMPERAJE MAX. (mA)	3
KILOVOLTAJE (KV)	150

TIEMPO (MIN)	1.7
MILIAMPERAJE MAX. (mA)	5
KILOVOLTAJE (KV)	170

TIEMPO (MIN)	1.7
MILIAMPERAJE MAX. (mA)	4
KILOVOLTAJE (KV)	160

TIEMPO (MIN)	1.5
MILIAMPERAJE MAX. (mA)	4
KILOVOLTAJE (KV)	200



3.3 APLICACION PRACTICA DEL PROGRAMA.

La radiografía industrial puede aplicarse a materiales metálicos o no metálicos. Puesto que nuestro estudio está basado en exámenes radiográficos a materiales metálicos, sus aplicaciones pueden ser:

- Uniones soldadas.
- Instalaciones en montaje y sistemas en servicios.
- Piezas moldeadas.

Con el avance de la tecnología se han obtenido equipos de rayos X más poderosos, pequeños y portátiles que permiten observar fallas de piezas en montajes, así como piezas en servicio. De éstas últimas tenemos ejemplos como: vigas de edificios soldadas, trenes de aterrizajes de aviones, etc.

También se aplica en problemas de metrología como por ejemplo comprobación de espesores, holguras, etc. Además se puede observar la naturaleza de las discontinuidades para de esta manera tomar las medidas correctivas correspondientes.

Para uso del programa se toma como ejemplo de referencia una plancha de acero al carbono AISI 1010 de espesor 11 mm. a través de la cual se ha depositado un cordón de soldadura y se desea tomar una radiografía .

Para ello se usa primero el programa WLA-DET1 con los siguientes datos:

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (mm)	11
DISTANCIA FUENTE- PELICULA (cm)	70
TIPO DE PELICULA	D7
MAX.CORRIENTE (mA)	2
MAX.VOLTAJE (KV)	200
K2	1

Los resultados que se obtienen son:

TIEMPO (MIN)	2.1
MILIAMPERAJE (mA)	2
KILOVOLTAJE MAX.(KV)	200

Luego usando el programa WLA-SIM1 para determinar

densidad radiográfica con los resultados obtenidos anteriormente:

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (mm)	11
DISTANCIA FUENTE- PELICULA (cm)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
CORRIENTE DEL TUBO (mA)	2
KILOVOLTAJE (KV)	200
TIEMPO (MIN)	2.1

El resultado que se obtiene es la densidad igual a 1.97 que es lo que se esperaba pues los cálculos obtenidos en el programa WLA-DET1 están con referencia a una densidad 2 .

Ahora observemos que sucede si se cambian los siguientes parámetros :

- Tipo de película.
- Distancia fuente-película.
- Kilovoltaje.

- Miliamperaje.

- Si se cambia el tipo de película D7 por la D4 se observa un cambio en la exposición:

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	11
DISTANCIA FUENTE- PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D4
MAX. CORRIENTE (mA)	3
MAX. VOLTAJE	200
K2	1

Los resultados que se obtienen son:

TIEMPO (MIN.)	3.7
MILIAMPERAJE (mA)	3
KILOVOLTAJE (KV)	200

Como se observa en los resultados la exposición con la película D4 es 11.1 mA.min , mientras que la exposición usando la película D7 es 4.2 mA.min , usando un kilovoltaje de 200 KV.

Esto indica que la película D7 necesita una menor exposición radiográfica que la D4 y esto significa que la primera es más rápida que la segunda .Otro factor que influye sobre la elección de la película D7 o D4 es su tamaño de grano que influye en el contraste radiográfico , pues con la película D4 se obtiene un mejor contranste y por lo tanto una mejor calidad radiográfica que con la película D7

- Si se cambia la distancia fuente-película manteniendo constante los demás parámetros se tiene:

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	11
DISTANCIA FUENTE- PELICULA (CM)	110
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
MAX.CORRIENTE (mA)	3
MAX. VOLTAJE (KV)	200
K2	1

Los resultados obtenidos son :

TIEMPO (MIN)	3.5
MILIAMPERAJE (mA)	3
KILOVOLTAJE (KV)	200

Usando la ley de la inversa del cuadrado de la distancia para la exposición se tiene:

$$E2=E1*(L2/L1)^2$$

$$E2= (4.2 \text{ mA.min})*(110\text{cm}/70\text{cm})^2 =10.4 \text{ mA.min.}$$

La exposición obtenida con el computador es 10.5 mA.min mientras que usando la ley de la inversa del cuadrado de la distancia da 10.4 mA.min, lo que indica la exactitud del programa.

La variación de la distancia fuente-película influye sobre una sombra alrededor de la parte expuesta por la radiación , que es la penumbra geométrica, la misma que se observa que disminuye si la distancia fuente-película aumenta .

- Otro parámetro que se varía, manteniendo constante los demás, es el kilovoltaje :

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	11
DISTANCIA FUENTE- PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
MAX. CORRIENTE (mA)	1
MAX. KILOVOLTAJE (KV)	250
K2	1

Los resultados que el programa da son:

TIEMPO (MIN)	1.8
MILIAMPERIOS (mA)	1
KILOVOLTAJE (KV)	230

La densidad de las películas radiográficas con los kilovoltajes de 200 KV y 230 KV es igual a 2, pero su exposición radiográfica varía, pues para el segundo kilovoltaje se requiere menor exposición, aunque a medida que aumenta el kilovoltaje, la calidad disminuye.

- Por último cambiando el miliamperaje y usando el programa WLA-SIM1 se tiene:

MATERIAL	ACERO
ESPESOR (MM)	11
DISTANCIA FUENTE- PELICULA (CM)	70
TIPO DE PELICULA (D7 O D4)	D7
K2	1
MILIAMPERAJE (mA)	4
KILOVOLTAJE(KV)	200
TIEMPO (MIN)	2.1

La densidad obtenida es 3.19 que es mayor que 1.97, y esto se debe a que la intensidad de corriente aumenta y por lo tanto aumenta la intensidad de radiación (Ref.5).

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

- Al analizar la ecuación (1) para determinar densidad radiográfica, se observa que es una función lineal, cuya constante a no depende ni del espesor, ni del kilovoltaje usado, mientras que la pendiente b que sí depende de ellos, tiene un desarrollo exponencial que se representa con la ecuación (2), la misma que depende de los coeficientes A y B que se encuentran en el archivo del programa WLA-SIM1.
- Así mismo al analizar la ecuación (25) para exposición radiográfica, se observa que tiene un desarrollo exponencial que depende del kilovoltaje y espesor, que a su vez depende de los coeficientes M y N que se encuentran en el archivo del programa WLA-DET1.
- Al analizar la exposición requerida para una película D7 se observa que ésta necesita menor exposición que al usar la película D4, esto se debe a que la película D7 es de exposición más rápida que la D4 (ver figura



6).

Otra característica que influye en la elección de la película es el tamaño de grano que tiene cada una, pues la película D4 tiene el grano más fino que la película D7 y ésto permite que la primera tenga mayor contraste que la segunda (sección 3.3).

- Si la distancia fuente-película a la cual se realiza la exposición usando la película D7 aumenta, manteniendo constante los demás parámetros, se observa un aumento en la exposición (mA.min) y esto se comprueba usando la ley del inverso del cuadrado de la distancia observando mayor exposición a medida que la distancia aumenta (sección 3.3).

Además la distancia fuente-película influye sobre la penumbra geométrica, debido a que ésta es inversamente proporcional a la distancia, lo que indica que si se aleja la fuente del objeto a radiografiarse, la penumbra disminuirá (sección 3.3).

- Al analizar dos películas radiográficas que tengan la misma densidad, pero aplicando diferentes kilovoltajes, necesariamente va a existir una variación en la exposición (mA.min). Esto se debe a que a medida que

aumenta el kilovoltaje , los rayos incidentes en la plancha de acero tienen mayor poder de penetración y por lo tanto para obtener la misma densidad se necesitará menor exposición (sección 3.3).

Otra característica que influye en la elección del kilovoltaje es la calidad radiográfica, debido a que al usar mayor kilovoltaje la calidad radiográfica (contraste) disminuye.

- Si se usa el programa para determinar densidad radiográfica WLA-SIM1 variando el miliamperaje, se observa que al aumentarlo , la densidad aumenta debido a que la intensidad de radiación del tubo aumenta (sección 3.3).
- El análisis del factor correctivo para el tipo de película usada K1 se divide en dos casos:

El primer factor K1 ,que sirve para determinar densidad radiográfica de la película D4 con respecto a la D7, se analiza usando la figura 5 ,el mismo que depende solamente de la razón de los coeficientes sensitométricos C de las dos películas usadas.

El otro factor correctivo K1, que sirve para determinar

la exposición radiográfica, se determina usando la figura 6 ,el mismo que depende de la densidad de referencia, así como de los coeficientes sensitométricos C y D de las dos películas usadas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- Los métodos computacionales son una herramienta rápida para el cálculo de exposición radiográfica sin tener que acudir a los diagramas de exposición, ahorrando de este modo tiempo y materiales.
- 2.- Mediante el uso del programa WLA-DET1 que determina: tiempo, miliamperaje y kilovoltaje de una película cuya densidad a priori es igual a 2, el usuario obtiene una grado de experiencia en el manejo de los parámetros radiográficos para el uso de interés.
- 3.- Mediante el programa WLA-SIM1 se pueden simular todas las operaciones esenciales llevadas a cabo por operadores radiográficos, sin acudir a los diagramas de exposición ni a las curvas sensitométricas, además de evitar el riesgo de exponerse a la radiación.

Por último se recomienda:

- 1.- Usar los programas no solo para películas D7 y D4 sino también para D2,D3,D5,D8,D10 . Esto se logra determinando el factor correctivo para cada película usando el algoritmo adecuado .
- 2.- Hacer pruebas para determinar el factor correctivo para equipos radiográficos diferentes al usado en este trabajo usando el algoritmo adecuado.
- 3.- Se recomienda usar un lenguaje estructurado para los diferentes programas logrando de este modo una comprensión rápida y sencilla. Con esto se evita el uso de GOTO y GOSUB que dificultan su entendimiento.

A P E N D I C E S

APENDICE A

MANUAL DE OPERACION DEL PROGRAMA



DESEA UD. VER PRIMERO
UNA LISTA DE EXPLICACION
DE SIMBOLOS? (S/N)

ENTRADA: _

SIMBOLOS

SP	---	ESPESOR DE PLANCHA DE ACERO
DS	---	DISTANCIA FUENTE PELICULA
MA	---	MILIAMPERAJE
B	---	COEFICIENTE EXPONENCIAL DE LA FUNCION DENSIDAD
EY	---	EXPOSICION
A	---	COEFICIENTE CONSTANTE DE FUNCION DENSIDAD
NY	---	COEFICIENTE DE FUNCION EXPOSICION
MIN	---	MINUTOS
FR	---	BANDERA
KV1	---	CONTADOR PARA BUSCAR DATOS M Y N
MY	---	COEFICIENTE DE FUNCION EXPOSICION
NY	---	COEFICIENTE DE FUNCION EXPOSICION
TY	---	TIEMPO
K1	---	FACTOR CORRECTIVO DE PELICULA USADA
K2	---	FACTOR CORRECTIVO DE EQUIPO USADO

!PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR!

```
* * * * *
```

```
ESTE PROGRAMA SIRVE PARA DETERMINAR LA DENSIDAD RADIOGRAFICA  
Y OTROS PARAMETROS DE EXPOSICION  
- PARA DETERMINAR PARAMETROS DE EXPOSICION  
  (Tiempo,Kilovoltaje y Miliamperaje a  
   partir de una densidad dada )  
  
DIGITE =====> 1
```

```
- PARA DETERMINAR LA DENSIDAD RADIOGRAFICA  
  
DIGITE =====> 2
```

```
- PARA TERMINAR EL PROGRAMA  
  
DIGITE =====> 0
```

```
* * * * *
```

```
!PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR!
```


DETERMINACION DE EXPOSICION

=====

DATOS DE EXPOSICION

- 1 - MATERIAL : A C E R O
- 2 - ESPESOR (MM.)
- 3 - DISTANCIA FUENTE A PELICULA (CM.)
- 4 - TIPO DE PELICULA
- 5 - MAX. CORRIENTE DE TUBO (mA)
- 6 - MAX. VOLTAJE DE TUBO (KV)
- 7 - K2

INSERTE DATO No. 2 (DE 1 A 31)

ENTRADA: —

;

DETERMINACION DE DENSIDAD

DATOS DE EXPOSICION

- 1 - MATERIAL : A C E R O
- 2 - ESPESOR (MM.)
- 3 - DISTANCIA FUENTE A PELICULA (CM.)
- 4 - TIPO DE PELICULA
- 5 - PANTALLAS DE PLOMO
- 6 - K2
- 7 - CORRIENTE DE TUBO (mA)
- 8 - VOLTAJE DE TUBO (KV)
- 9 - TIEMPO (min.)

INSERTE DATO No. 2 (DE 1 TO 31)

ENTRADA: ---

APENDICE B

LISTADO DEL PROGRAMA

" MENU PRINCIPAL DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL "

```

10 ' WLADII MP-RDG
20 ' MENU PRINCIPAL DE PROGRAMA DE RDG
30 DEF FNL(X$)=INT((80-LEN(X$))/2)+1
40 'TITULO
50 CLS : KEY OFF : WIDTH 80 : COLOR 7,0
60 PRINT STRING$(80,"*")
70 FOR I=1 TO 18
80 PRINT "*";SPACE$(78);"*"
90 NEXT I
100 PRINT STRING$(80,"*") : COLOR 15,0
110 T1$="R A D I O G R A F I A   I N D U S T R I A L" : LOCATE 3,FNL(T1$) : PRINT T1$
120 T2$="U S A N D O   C O M P U T A D O R A" : LOCATE 7,FNL(T2$) : PRINT T2$
130 T3$="ESTE PROGRAMA ESTA ESCRITO" : LOCATE 9,FNL(T3$) : PRINT T3$
140 T4$="POR ESTUDIO TECNICO ING. V. BETTINI" : LOCATE 11,FNL(T4$) : PRINT T4$
150 T5$="DIRECTOR:ING. OMAR SERRANO":LOCATE 13,FNL(T5$):PRINT T5$
160 T6$="TRADUCCION Y MEJORAMIENTO:WLADIMIR DE LA CRUZ DE LA CRUZ":LOCATE 15,FNL(T6$):PRINT T6$
170 T7$="DERECHOS RESERVADOS":LOCATE 17,FNL(T7$):PRINT T7$
180 T8$="1992":LOCATE 18,FNL(T8$):PRINT T8$
190 M$="M\R22\T23\ ! PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR ! " : GOSUB 640
200 Z$=INKEY$ : IF Z$="" THEN 200
210 CLS:KEY OFF:WIDTH 80:COLOR 7,0
220 LOCATE 6,7:PRINT "DESEA UD. VER PRIMERO"
230 LOCATE 7,7:PRINT "UNA LISTA DE EXPLICACION"
240 LOCATE 8,7:PRINT "DE SIMBOLOS? (S/N)"
250 L=1:GOSUB 850
260 IF X$<>"S" AND X$<>"N" THEN BEEP:GOTO 250
270 IF X$="S" THEN GOSUB 1010
280 'CARATULA PARA EXPLICACION DEL PROGRAMA
290 CLS:KEY OFF: WIDTH 80:COLOR 7,0
300 PRINT STRING$(80,"0")
310 FOR I=1 TO 18
320 PRINT "*";SPACE$(78);"*"
330 NEXT I
340 PRINT STRING$(80,"0"):COLOR 15,0
350 W1$=" ESTE PROGRAMA SIRVE PARA DETERMINAR LA DENSIDAD RADIOGRAFICA":LOCATE 3,FNL(W1$):PRINT W1$
360 W2$=" Y OTROS PARAMETROS DE EXPOSICION ":LOCATE 4,FNL(W2$):PRINT W2$
370 W6$="- PARA DETERMINAR PARAMETROS DE EXPOSICION":LOCATE 5,FNL(W6$):PRINT W6$
380 W7$=" (Tiempo,Kilovoltaje y Miliamperaje a ":LOCATE 6,FNL(W7$):PRINT W7$
390 W8$="partir de una densidad dada )":LOCATE 7,FNL(W8$):PRINT W8$
400 W9$=" DIGITE =====> 1":LOCATE 9,FNL(W9$):PRINT W9$
410 W4$="- PARA DETERMINAR LA DENSIDAD RADIOGRAFICA":LOCATE 11,FNL(W4$):PRINT W4$
420 W5$=" DIGITE =====> 2":LOCATE 13,FNL(W5$):PRINT W5$
430 W10$="- PARA TERMINAR EL PROGRAMA":LOCATE 15,FNL(W4$):PRINT W10$
440 W11$=" DIGITE =====> 0":LOCATE 17,FNL(W11$):PRINT W11$
450 M$="M\R22\T23\!PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR!":GOSUB 640
460 Z$=INKEY$:IF Z$="" THEN 460
470 FOR I=1 TO 18

```

```

480 LOCATE (I+1),2: PRINT STRING$(76," ")
490 NEXT I
500 M$="C10\R7\T15\F0\1 - DETERMINACION DE EXPOSICION
":GOSUB 640
510 M$="C10\R10\T15\F0\2 - DETERMINACION DE DENSIDAD "
: GOSUB 640
520 M$="C10\R15\T15\F0\0 - FINAL DE PROGRAMA DE RDG": GOS
UB 640
530 M$="X\R22\C2\A75\ " : GOSUB 640
540 L=1 : GOSUB 850
550 IF X$="" THEN BEEP : GOTO 540 ELSE X=VAL(X$)
560 IF X<0 OR X>2 THEN BEEP : GOTO 540
570 IF X=1 THEN RUN "WLA-DET1" : STOP
580 IF X=2 THEN RUN "WLA-SIM1" : STOP
590 M$="X\M\R22\T0\F7\ USTED DESEA TERMINAR EL PROGRAMA DE RDG (S/N) ? " : GOSUB
640
600 L=1 : GOSUB 850
610 IF X$<>"S" AND X$<>"N" THEN BEEP : GOTO 600
620 IF X$="N" THEN 530 ELSE CLS : SYSTEM
630 STOP
640 'SUBROUTINA PARA UTILITARIO DE PANTALLA
650 IF V.X=0 THEN GOSUB 790
660 V.C=1 : V.M=0 : V.A=-1
670 V.=INSTR(M$,"") : IF V.=0 THEN 800
680 V.$=LEFT$(M$,1) : V.=VAL(MID$(M$,2,V.-2)) : M$=MID$(M$,V.,+1)
690 IF V.$="R" THEN V.R=V. : GOTO 670
700 IF V.$="C" THEN V.C=V. : GOTO 670
710 IF V.$="V" THEN V.V=V. : GOTO 670
720 IF V.$="T" THEN V.T=V. : GOTO 670
730 IF V.$="F" THEN V.F=V. : GOTO 670
740 IF V.$="M" THEN V.M=1 : GOTO 670
750 IF V.$="A" THEN V.A=V. : GOTO 670
760 IF V.$="X" THEN GOSUB 780 : GOTO 670
770 STOP 'ERROR !
780 V.R=CSRLIN : V.V=0 : V.T=7 : V.F=0 : V.X=1 : RETURN
790 DEF FNM(M$)=INT((80-LEN(M$))/2)+1 : GOTO 780
800 IF V.A<0 THEN 820 ELSE LOCATE V.R,V.C
810 IF V.A=0 THEN PRINT SPACE$(80); ELSE PRINT SPACE$(V.A);
820 IF V.M=1 THEN LOCATE V.R,FNM(M$),V.V ELSE LOCATE V.R,V.C,V.V
830 COLOR V.T,V.F : PRINT M$
840 COLOR 7,0 : RETURN
850 'SUBROUTINA PARA PEDIR DATOS
860 LOCATE 23,1 : PRINT SPACE$(80)
870 LO=INT((80-(9+L))/2)+1
880 LOCATE 23,LO : PRINT "ENTRADA: ";STRING$(L,"_")
890 LO=LO+9 : LOCATE 23,LO,1
900 X$=""
910 Z$=INKEY$ : IF LEN(Z$)=0 THEN 910
920 IF Z$=CHR$(13) THEN RETURN
930 IF Z$=CHR$(27) THEN BEEP :RETURN
940 IF Z$=CHR$(8) THEN 970

```



```

950 IF ASC(Z$)=0 OR LEN(X$)=L OR (Z$=" ") THEN BEEP : GOTO 910
960 X$=X$+Z$ : PRINT Z$ : GOTO 910
970 IF X$="" THEN BEEP : GOTO 910
980 X$=MID$(X$,1,LEN(X$)-1) : LOCATE ,POS(0)-1 : PRINT "_";
990 LOCATE ,POS(0)-1 : GOTO 910
1000 "PRESENTACION DE EXPLICACION DE SIMBOLOS"
1010 COLOR 7,1: WIDTH 80
1020 CLS
1030 PRINT TAB(30) "SIMBOLOS"
1040 COLOR 15
1050 PRINT
1060 PRINT "SP";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- ESPESOR DE PLANCHA DE ACERO"
1070 COLOR 15:PRINT "DS";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- DISTANCIA FUENTE PELICULA"
1080 COLOR 15:PRINT "MA";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- MILLIAMPERAJE"
1090 COLOR 15:PRINT "B";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- COEFICIENTE EXPONENCIAL DE LA
FUNCION DENSIDAD"
1100 COLOR 15:PRINT "EY";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- EXPOSICION"
1110 COLOR 15:PRINT "A";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- COEFICIENTE CONSTANTE DE FUNCION DENSIDAD"
1120 COLOR 15:PRINT "NY";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- COEFICIENTE DE FUNCION EXPOSICION"
1130 COLOR 15:PRINT "MIN";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- MINUTOS"
1140 COLOR 15:PRINT "FR";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- BANDERA"
1150 COLOR 15:PRINT "KV1";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- CONTADOR PARA BUSCAR DATOS M Y N"
1160 COLOR 15:PRINT "MY";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- COEFICIENTE DE FUNCION EXPOSICION"
1170 COLOR 15:PRINT "NY";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- COEFICIENTE DE FUNCION EXPOSICION"
1180 COLOR 15:PRINT "TY";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- TIEMPO"
1190 COLOR 15:PRINT "K1";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- FACTOR CORRECTIVO DE PELICULA USADA"
1200 COLOR 15:PRINT "K2";:COLOR 7:PRINT TAB(5) "--- FACTOR CORRECTIVO DE EQUIPO USADO"
1210 M$="M\R22\T23\!PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR!":GOSUB 640
1220 Z$=INKEY$:IF Z$="" THEN 1220
1230 RETURN

```

APENDICE C

LISTADO DEL PROGRAMA

"DETERMINACION DE EXPOSICION RADIOGRAFICA "

```

10 ' WLA-DET1
20 'DETERMINACION DE EXPOSICION
30 'CARATULA DE DETERMINACION
40 CLS : KEY OFF : PRINT : COLOR 15,0 : COLOR 15,0
50 PRINT TAB(19);"D E T E R M I N A C I O N   D E   E X P O S I C I O N " : PRIN
T
60 PRINT STRING$(80,"=") : COLOR 7,0
70 'ARCHIVO Y SUBROUTINA PARA LEER DATOS DE EXPOSICION
80 '*****
90 'COEFICIENTES M Y N PARA LA FUNCION E *
100 '*****
110 DATA 3.046,0.314,2.445,0.29,2.0,0.267
120 DATA 1.655,0.247,1.392,0.226,1.181,0.207
130 DATA 1.013,0.19,0.875,0.173,0.761,0.157
140 DATA 0.639,0.142,0.565,0.128,0.495,0.115
150 DATA 0.441,0.102,0.398,0.089,0.358,0.077
160 DATA 0.32,0.066,0.288,0.055,0.262,0.045
170 DATA 0.245,0.032
180 DIM AR(19,2)
190 FOR I=1 TO 19
200 READ AR(I,1),AR(I,2)
210 NEXT I
220 'CARATULA PARA PEDIR DATOS DE EXPOSICION
230 DATA "M A T E R I A L :   A C E R O",ESPESOR (MM.),DISTANCIA FUENTE A PELICU
LA (CM.)
240 DATA TIPO DE PELICULA
250 DATA MAX. CORRIENTE DE TUBO (mA),MAX. VOLTAJE DE TUBO (KV),K2
260 DIM VC$(7)
270 FOR I=1 TO 7 : READ VC$(I) : NEXT I
280 'SUBROUTINA PARA INSTALACION DE DATOS DE EXPOSICION
290 M$="R7\M\T0\F7\ DATOS DE EXPOSICION " : GOSUB 960
300 FOR I=1 TO 7
310 M$="X\R"+STR$(8+I)+"\ "+STR$(I)+" - "+VC$(I) : GOSUB 960
320 NEXT I
330 I=0 : FR=0
340 I=I+1
350 IF I=8 THEN 630 ELSE M$="X\R20\M\A\INSERTE DATO No. "+MID$(STR$(I),2)+" "
360 ON I GOTO 340,370,400,430,520,550,460
370 M$=M$+"(DE 1 A 31)" : GOSUB 960
380 L=2 : GOSUB 1170 : SP=CINT(VAL(X$))
390 IF SP<1 OR SP>31 THEN BEEP : GOTO 380 ELSE M$=MID$(STR$(SP),2) : GOTO 610
400 M$=M$+"(DE 5 A 150)" : GOSUB 960
410 L=3 : GOSUB 1170 : DS=CINT(VAL(X$))
420 IF DS<5 OR DS>150 THEN BEEP : GOTO 410 ELSE M$=MID$(STR$(DS),2) : GOTO 610
430 M$=M$+"(D7 OR D4)" : GOSUB 960
440 L=2 : GOSUB 1170 : TF$=X$
450 IF TF$<>"D7" AND TF$<>"D4" THEN BEEP : GOTO 440 ELSE M$=TF$
: GOTO 610
460 M$=M$+"DE (0.10 A 3.00) O NULO (ASUME=1)" : GOSUB 960
470 M$="R21\M\T15\ K2=1 SI ES IGUAL AL EQUIPO USADO EN LOS":GOSUB 960

```

```

480 M$="R22\M\T15\ ENSAYOS EXPERIMENTALES Y <>1 SI ES OTRO ":GOSUB 960
490 L=4 : GOSUB 1170 : K2=CINT(VAL(X$)*100)/100 : IF K2=0 THEN K2=1
500 M$="X\R21\C20\A50\":GOSUB 960:M$="X\R22\C20\A50\":GOSUB 960
510 IF K2<.1 OR K2>3 THEN BEEP : GOTO 490 ELSE M$=MID$(STR$(K2),2): GOTO 610
520 M$=M$+"(DE 1 A 15)": GOSUB 960
530 L=2 : GOSUB 1170 : MA=CINT(VAL(X$))
540 IF MA<1 OR MA>15 THEN BEEP : GOTO 530 ELSE M$=MID$(STR$(MA),2) : GOTO 610
550 M$=M$+"(DE 200 A 300)": GOSUB 960
560 L=3 : GOSUB 1170 : KV=CINT(VAL(X$)/10)*10
570 IF KV<200 OR KV>300 THEN BEEP : GOTO 560 ELSE M$=MID$(STR$(KV),2) : GOTO 610
580 M$=M$+"(DE 0.1 A 30)": GOSUB 960
590 L=4 : GOSUB 1170 : MIN=CINT(VAL(X$)*10)/10
600 IF MIN<.1 OR MIN>30 THEN BEEP : GOTO 590 ELSE M$=MID$(STR$(MIN),2)
610 M$="R"+STR$(I+8) +"\C50\T15\A20\"+M$ : GOSUB 960
620 IF FR=1 THEN RETURN ELSE GOTO 340
630 FR=1 'FLAG PER RTN
640 M$="X\A\R20\M\T0\F7\ CORRECCIONES (S/N) ? " : GOSUB 960
650 L=1 : GOSUB 1170
660 IF X$<>"S" AND X$<>"N" THEN BEEP : GOTO 650
670 IF X$="N" THEN GOTO 710 '.....ELAB. DATI, STAMPA RISULT. E
    RIT. A MM.
680 M$="A\M\T0\F7\ No. DE DATO A CORREGIR (DE 2 A 7 O NULL) "
    : GOSUB 960
690 L=1 : GOSUB 1170 : IF X$="" THEN 640
700 I=VAL(X$) : IF I<2 OR I>7 THEN BEEP : GOTO 690 ELSE M$="X\A\R20\C1 " : GOSU
8 960 : GOSUB 350 : GOTO 640
710 'SUBROUTINA PARA ELABORACION DE EXPOSICION
720 LL=(KV-150)/10
730 I=0 : CNTR=1
740 IF CNTR=20 THEN PRINT "TOO MANY LOOP: INDETERMINATED VALUE FOR RESULT" : STO
P
750 KVO=150+10*I
760 IF KVO<120 OR KVO>300 THEN BEEP : LOCATE 20,1 : PRINT "150 +10 * I = ";KVO;"
    (EL RANGO DE ARCHIVO ES DE 120 A 300) : PRESIONE 'RUN' PARA RECOMENZAR" : PR
INT : STOP
770 KV1=KVO/10-11 : MY=AR(KV1,1) : NY=AR(KV1,2)
780 EY=MY*EXP(NY*SP)
790 TY=EY/MA
800 IF TF$="D7" THEN K1=1 ELSE K1=2.59
810 TY=TY*(DS/70)^2*K2*K1
820 IF TY>2 THEN I=I+1 ELSE 840
830 IF I>LL THEN 850 ELSE CNTR=CNTR+1 : GOTO 740
840 IF TY<.5 THEN I=I-1 : CNTR=CNTR+1 : GOTO 740
850 'SUBROUTINA PARA PRESENTACION DE RESULTADOS
860 FOR I=18 TO 25 : LOCATE I,1
870 PRINT SPACES(80); : NEXT I
880 M$="X\R20\M\T15\LOS RESULTADOS SON: TIEMPO"+STR$(CINT(TY*10)
    /10)+", KV"+STR$(KVO)+", mA"+STR$(MA) : GOSUB 960

```

```

890 M$="R22\M\T0\F7\ UD DESEA OTRA ELABORACION (S/N) ? " : GOSUB
960
900 L=1 : GOSUB 1170
910 IF X$<>"S" AND X$<>"N" THEN BEEP : GOTO 900
920 IF X$="N" THEN RUN "WLADI1" : STOP ELSE RUN
930 M$="X\A\R22\ " : GOSUB 960 : M$="A\R20\ " : GOSUB 960
940 GOSUB 680 'CORRECCION DE DATOS
950 GOTO 710
960 'UTILITARIO PARA PANTALLA
970 IF V.X=0 THEN GOSUB 1110
980 V.C=1 : V.M=0 : V.A=-1
990 V.=INSTR(M$,"") : IF V.=0 THEN 1120
1000 V.$=LEFT$(M$,1) : V.=VAL(MID$(M$,2,V.-2)) : M$=MID$(M$,V.+1)
1010 IF V.$="R" THEN V.R=V. : GOTO 990
1020 IF V.$="C" THEN V.C=V. : GOTO 990
1030 IF V.$="V" THEN V.V=V. : GOTO 990
1040 IF V.$="T" THEN V.T=V. : GOTO 990
1050 IF V.$="F" THEN V.F=V. : GOTO 990
1060 IF V.$="M" THEN V.M=1 : GOTO 990
1070 IF V.$="A" THEN V.A=V. : GOTO 990
1080 IF V.$="X" THEN GOSUB 1100 : GOTO 990
1090 STOP 'ERROR !
1100 V.R=CSRLIN : V.V=0 : V.T=7 : V.F=0 : V.X=1 : RETURN
1110 DEF FNM(M$)=INT((80-LEN(M$))/2)+1 : GOTO 1100
1120 IF V.A<0 THEN 1140 ELSE LOCATE V.R,V.C
1130 IF V.A=0 THEN PRINT SPACE$(80); ELSE PRINT SPACE$(V.A);
1140 IF V.M=1 THEN LOCATE V.R,FNM(M$),V.V ELSE LOCATE V.R,V.C,V.V
1150 COLOR V.T,V.F : PRINT M$
1160 COLOR 7,0 : RETURN
1170 'SUBROUTINA PARA PEDIR DATOS EN GENERAL
1180 LOCATE 23,1 : PRINT SPACE$(80)
1190 L0=INT((80-(9+L))/2)+1
1200 LOCATE 23,L0 : PRINT "ENTRADA: ";STRING$(L,"_")
1210 L0=L0+9 : LOCATE 23,L0,1
1220 X$=""
1230 Z$=INKEY$ : IF LEN(Z$)=0 THEN 1230
1240 IF Z$=CHR$(13) THEN RETURN
1250 IF Z$=CHR$(27) THEN RETURN
1260 IF Z$=CHR$(8) THEN 1290
1270 IF ASC(Z$)=0 OR LEN(X$)=L OR (Z$=" ") THEN BEEP : GOTO 1230
1280 X$=X$+Z$ : PRINT Z$; : GOTO 1230
1290 IF X$="" THEN BEEP : GOTO 1230
1300 X$=MID$(X$,1,LEN(X$)-1) : LOCATE ,POS(0)-1 : PRINT "_";
1310 LOCATE ,POS(0)-1 : GOTO 1230

```



APENDICE D

LISTADO DEL PROGRAMA

"DETERMINACION DE DENSIDAD RADIOGRAFICA"

```

10 ' WLA-SIM1
20 'DETERMINACION DE DENSIDAD
30 'CARATULA DE DENSIDAD
40 CLS : KEY OFF : PRINT : COLOR 15,0 : COLOR 15.0
50 PRINT TAB(18);"D E T E R M I N A C I O N   D E   D E N S I D A D " : PRINT
60 PRINT STRING$(80,"=") : COLOR 7,0
70 'ARCHIVO Y SUBROUTINA PARA LEER DATOS
80 '*****
90 '* COEFICIENTES A Y B PARA LA FUNCION EXPONENCIAL b *
100 '*****
110 DATA 93,2.75,226.5,3.195,360,3.64
120 DATA 474.5,3.925,589,4.21,856,4.495
130 DATA 1123,4.78,1688.5,5.13,2554,5.48
140 DATA 3947,5.79,5340,6.10,6851,6.295
150 DATA 8362,6.49,71136.5,7.595,133911,8.70
160 DATA 119387,8.65,104863,8.6,85807,8.56
170 DATA 66751,8.52,39618.5,8.23,12486,7.94
180 DATA 9497.5,7.775,6509,7.61,10481.5,7.94
190 DATA 14454,8.27,14379,8.34,14304,8.41
200 DATA 18249,8.62,22194,8.83,27390,8.995
210 DATA 32586,9.16
220 DIM AR(31,2)
230 FOR I=1 TO 31
240 READ AR(I,1),AR(I,2)
250 NEXT I
260 'CARATULA PARA PARAMETROS DE DENSIDAD
270 DATA "M A T E R I A L :   A C E R O",ESPESOR (MM.),DISTANCIA FUENTE A PELICU
LA(CM.)
280 DATA TIPO DE PELICULA,PANTALLAS DE PLOMO ,K2
290 DATA CORRIENTE DE TUBO (mA),VOLTAJE DE TUBO (KV),TIEMPO (min.)
300 DIM VC$(9)
310 FOR I=1 TO 9 : READ VC$(I) : NEXT I
320 'SUBROUTINA PARA INSTALACION DE DATOS
330 M$="R7\M\TO\F7\ DATOS DE EXPOSICION " : GOSUB 920
340 FOR I=1 TO 9
350 M$="X\R"+STR$(8+I)+"\ "+STR$(I)+" - "+VC$(I) : GOSUB 920
360 NEXT I
370 I=0 : FR=0
380 I=I+1
390 IF I=10 THEN 670 ELSE M$="X\R20\M\A\INSERTE DATO No. "+MID$(STR$(I),2)+" "
400 ON I GOTO 380,410,440,470,380,500,560,590,620
410 M$=M$+"(DE 1 TO 31)" : GOSUB 920
420 L=2 : GOSUB 1130 : SP=CINT(VAL(X$))
430 IF SP<1 OR SP>31 THEN BEEP : GOTO 420 ELSE M$=MID$(STR$(SP),2)
: GOTO 650
440 M$=M$+"(DE 5 TO 150)" : GOSUB 920
450 L=3 : GOSUB 1130 : DS=CINT(VAL(X$))
460 IF DS<5 OR DS>150 THEN BEEP : GOTO 450 ELSE M$=MID$(STR$(DS),2)
) : GOTO 650
470 M$=M$+"(D7 OR D4)" : GOSUB 920

```

```

480 L=2 : GOSUB 1130 : TFS=X$
490 IF TFS<>"D7" AND TFS<>"D4" THEN BEEP : GOTO 480 ELSE M$=TFS :
    GOTO 650
500 M$=M$+"DE 0.10 TO 3.00 0 NULO (ASUME=1)" : GOSUB 920
510 M$="R21\C16\T15\NOTA:K2=1 SI ES EL MISMO EQUIPO USADO EN LOS "
    :GOSUB 920
520 M$="R22\M\T15\ ENSAYOS EXPERIMENTALES Y <>1 SI ES OTRO " :GOSUB
    920
530 L=4 : GOSUB 1130 : K2=CINT(VAL(X$)*100)/100 : IF K2=0 THEN K2=
    1
540 M$="X\R21\C16\A50\":GOSUB 920:M$="X\R22\C16\A50\":GOSUB 920
550 IF K2<.1 OR K2>3 THEN BEEP : GOTO 530 ELSE M$=MID$(STR$(K2),2)
    : GOTO 650
560 M$=M$+"(DE 1 TO 15)" : GOSUB 920
570 L=2 : GOSUB 1130 : MA=CINT(VAL(X$))
580 IF MA<1 OR MA>15 THEN BEEP : GOTO 570 ELSE M$=MID$(STR$(MA),2)
    : GOTO 650
590 M$=M$+"(DE 100 TO 300)" : GOSUB 920
600 L=3 : GOSUB 1130 : KV=CINT(VAL(X$)/10)*10
610 IF KV<100 OR KV>300 THEN BEEP : GOTO 600 ELSE M$=MID$(STR$(KV)
    ,2) : GOTO 650
620 M$=M$+"(DE 0.1 TO 30)" : GOSUB 920
630 L=4 : GOSUB 1130 : MIN=CINT(VAL(X$)+10)/10
640 IF MIN<.1 OR MIN>30 THEN BEEP : GOTO 630 ELSE M$=MID$(STR$(MIN),2)
650 M$="R"+STR$(I+8) +" \C50\T15\A20\ "+M$ : GOSUB 920
660 IF FR=1 THEN RETURN ELSE GOTO 380
670 FR=1 'FLAG PER RTN
680 M$="X\A\R20\M\TO\F7\ CORRECCIONES (S/N) ? " : GOSUB 920
690 L=1 : GOSUB 1130
700 IF X$<>"S" AND X$<>"N" THEN BEEP : GOTO 690
710 IF X$="N" THEN GOTO 750.....ELAB. DATI, STAMPA RESULT. E RT
    . A MM.
720 M$="A\M\TO\F7\ No. DE DATO A CORREGIR (2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 O NULO) " : GOS
    UB 920
730 L=1 : GOSUB 1130 : IF X$="" THEN 680
740 I=VAL(X$) : IF I<2 OR I>9 OR I=5 THEN BEEP : GOTO 730 ELSE M$="X\A\R20\C1 "
    : GOSUB 920 : GOSUB 390 : GOTO 680
750 'SUBROUTINA PARA ELABORACION DE FUNCION EXPONENCIAL Y DENSIDAD
760 B=AR(SP,1)*(KV/1000)^AR(SP,2)
770 IF KV>200 THEN A=.8 ELSE A=.75
780 E=MA*MIN
790 D=A+B*(E/K2)*(70/DS)^2
800 IF TFS="D4" THEN D=D*.513
810 'SUBROUTINA PARA PRESENTACION DE RESULTADOS DE DENSIDAD
820 FOR I=18 TO 25 : LOCATE I,1
830 PRINT SPACE$(80); : NEXT I
840 M$="X\R20\M\T15\EL RESULTADO DE LA DENSIDAD ES"+
    STR$(INT((D+.005)*100)/100) : GOSUB 920
850 M$="R22\M\TO\F7\ UD DESEA OTRA ELABORACION (S/N) ? " : GOSUB 920
860 L=1 : GOSUB 1130
870 IF X$<>"S" AND X$<>"N" THEN BEEP : GOTO 860
880 IF X$="N" THEN RUN "WLAD11" : STOP ELSE RUN

```

```

890 M$="X\A\R22\ " : GOSUB 920 : M$="A\R20\ " : GOSUB 920
900 GOSUB 720 'APPORTA MODIF. AI DATI
910 GOTO 750
920 'SUBROUTINA PARA UTILITARIO DE PANTALLA
930 IF V.X=0 THEN GOSUB 1070
940 V.C=1 : V.M=0 : V.A=-1
950 V..=INSTR(M$,"") : IF V..=0 THEN 1080
960 V.$=LEFT$(M$,1) : V.=VAL(MID$(M$,2,V..-2)) : M$=MID$(M$,V..+1)
970 IF V.$="R" THEN V.R=V. : GOTO 950
980 IF V.$="C" THEN V.C=V. : GOTO 950
990 IF V.$="V" THEN V.V=V. : GOTO 950
1000 IF V.$="T" THEN V.T=V. : GOTO 950
1010 IF V.$="F" THEN V.F=V. : GOTO 950
1020 IF V.$="M" THEN V.M=1 : GOTO 950
1030 IF V.$="A" THEN V.A=V. : GOTO 950
1040 IF V.$="X" THEN GOSUB 1060 : GOTO 950
1050 STOP 'ERROR !
1060 V.R=CSRLIN : V.V=0 : V.T=7 : V.F=0 : V.X=1 : RETURN
1070 DEF FNM(M$)=INT((80-LEN(M$))/2)+1 : GOTO 1060
1080 IF V.A<0 THEN 1100 ELSE LOCATE V.R,V.C
1090 IF V.A=0 THEN PRINT SPACE$(80); ELSE PRINT SPACE$(V.A);
1100 IF V.M=1 THEN LOCATE V.R,FNM(M$),V.V ELSE LOCATE V.R,V.C,V.V
1110 COLOR V.T,V.F : PRINT M$
1120 COLOR 7,0 : RETURN
1130 'SUBROUTINA PARA PEDIR DATOS EN GENERAL
1140 LOCATE 23,1 : PRINT SPACE$(80)
1150 L0=INT((80-(9+L))/2)+1
1160 LOCATE 23,L0 : PRINT "ENTRADA: ";STRING$(L,"_")
1170 L0=L0+9 : LOCATE 23,L0,1
1180 X$=""
1190 Z$=INKEY$ : IF LEN(Z$)=0 THEN 1190
1200 IF Z$=CHR$(13) THEN RETURN
1210 IF Z$=CHR$(27) THEN RETURN
1220 IF Z$=CHR$(8) THEN 1250
1230 IF ASC(Z$)=0 OR LEN(X$)=L OR (Z$=" ") THEN BEEP : GOTO 1190
1240 X$=X$+Z$ : PRINT Z$; : GOTO 1190
1250 IF X$="" THEN BEEP : GOTO 1190
1260 X$=MID$(X$,1,LEN(X$)-1) : LOCATE ,POS(0)-1 : PRINT "_ ";
1270 LOCATE ,POS(0)-1 : GOTO 1190

```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BETTINI,V.SIMULACION POR COMPUTADORA DE RAYOS X,ED.
ESTUDIO TECNICO ING.V.BETTINI,GENOVA 1986.
- 2.- OFICINA DE NORMAS GENERALES DE CANADA,MANUAL DE
RADIOGRAFIA INDUSTRIAL,ONGC,OTAWA,1981.
- 3.- LOJANO,JULIO DESARROLLO EXPERIMENTAL PARA
DETERMINACION DE EXPOSICION RADIOGRAFICA,ESPOL,1992.
- 4.- CATALOGO DE EQUIPO DE RAYOS X,SEIFERT RICH,ALEMANIA ,
1983.
- 5.- RUIZ RUBIO,ALFONSO,CURSO INTERREGIONAL DE
CAPACITACION EN LA GARANTIA DE CALIDAD:RADIOGRAFIA ,
MADRID,1979.
- 6.- GW-BASIC INTERPRETER USER'S GUIDE,COPYRIGHT MICROSOFT
CORPORATION,USA 1986,1987.
- 7.- DUPONT CRONEX-NDT:RADIOGRAPHER'S REFERENCE FOR
EXPOSURE AND PROCESSING OF CRONEX-NDT FILMS,USA.