

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1983

CNEA-NT 8/83

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
GERENCIA DE APLICACIONES

AUTOMATIZACION DE LOS BALANCES DE MERCURIO EN
CELDAS ELECTROLITICAS UTILIZANDO
TRAZADORES RADIACTIVOS

Dispositivo Mecánico para extraer el
mercurio irradiado contenido en ampollas de cuarzo

E.A. GUEVARA; R.O. DI CARLO; D.E. COSTELLO; H.R. GOMEZ

CONTENIDO

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
1.0.0.0. Antecedentes.....	1
2.0.0.0. Fundamentos del método y etapas para la concreción de un balance de mercurio.....	2
3.0.0.0. Antecedentes relativos a la necesidad de automatizar el proceso. Rotura de ampollas, fraccionamiento, y dilución del Hg-197 en el Hg°.....	4
3.1.0.0. Cálculo de actividad y exposición previsibles por ampolla.....	4
3.1.1.0. Actividad de las ampollas portadoras del Hg° irradiado.....	5
3.1.2.0. Exposición.....	6
4.0.0.0. Dispositivo mecánico para extraer el mercurio irradiado de las ampollas de cuarzo.....	9
4.1.0.0. Características del dispositivo mecánico.....	9
4.2.0.0. Montaje y operación.....	9
4.3.0.0. Planos.....	10
Bibliografía.....	11
Figuras.....	12
Anexo(Planos).....	17

1.0.0.0 ANTECEDENTES

En el año 1967 la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) por demanda de una industria productora de cloro-soda, desarrolló un método (EN-8/15 CNEA marzo de 1969) [1] y prestó el primer servicio destinado a medir las masas de mercurio en celdas electrolíticas utilizando Hg-197 como trazador radiactivo.

Desde aquel entonces, la mayoría de las industrias que disponen de celdas electrolíticas con cátodo móvil de mercurio, han confiado sus periódicos balances (anuales o semestrales) a esta técnica que ya ha desplazado a los métodos gravimétricos convencionales.

En la Fig.1 se representan, siguiendo un orden cronológico, los balances anuales de mercurio efectuados por la CNEA refiriéndose dichos gráficos al número de celdas anuales controladas y al tonelaje de mercurio anual determinado. Teniendo en cuenta que en nuestro país el número total de celdas existentes en cinco empresas es de aproximadamente 213 y la masa de mercurio total inventariable del orden de 220 toneladas, se puede afirmar que las ventajas del método nuclear han sido reconocidas por los usuarios.

En caso de incorporarse en un futuro próximo nuevas celdas en el Complejo Petroquímico Bahía Blanca la existencia de mercurio llegaría a duplicarse.

Entendemos que en virtud de lo expuesto y dada la política de transferencia de tecnología que la CNEA lleva a cabo, así como la rentabilidad de este servicio, resultaría de interés, para los usuarios o bien para terceras empresas, analizar la posibilidad de prestar estos servicios con medios y recursos humanos propios asegurando además la continuidad y eficiencia hasta hoy garantizadas.

2.0.0.0 FUNDAMENTOS DEL METODO Y ETAPAS PARA LA CONCRECIÓN DE UN BALANCE DE MERCURIO

El método utilizado es el de análisis por dilución isotópica, mientras que el trazador radiactivo es el Hg-197 y la medición se realiza por espectrometría gamma. Los resultados surgen de [1]:

$$M = m \left(\frac{s}{s'} - 1 \right) \quad (1)$$

donde:

M: masa de mercurio en la celda.

m: masa de mercurio agregada.

s: actividad específica del mercurio agregado.

s': actividad específica de la muestra.

En la Tabla I se muestra la secuencia de las distintas operaciones necesarias para efectuar un balance de mercurio.

TABLA I

Secuencia de operaciones	Lugar donde se efectúan	Lapso que demandan
Purificación del Hg: Llena de ampollas con Hg° y encapsulado en "canes" de aluminio.	C.A.E.	2 días
Irradiación	RA-3	1 día
Rotura de ampollas, filtrado, fraccionamiento y dilución del Hg activo. Elaboración de soluciones madres y patrones con actividad específica compatible con la previsible en celdas.	C.A.E	1 día
Inyección del trazador radiactivo en cada celda y extracción de muestras alícuotas 24 horas después.	Fábrica	1,5 día
Medición de actividad en muestras y patrones. Cálculo de resultados y errores mediante un programa de computación.	Fábrica	2 días (110 celdas)

El mercurio virgen es irradiado en pequeñas ampollas dobles de cuarzo y la masa aproximada por ampolla es del orden de 2 gramos. Las ampollas son encapsuladas en un "can" de aluminio normalizado Fig.2.

La irradiación del mercurio (3.1.1.0) se realiza en el Reactor RA-3 del Centro Atómico Ezeiza (CAE).

La extracción del mercurio irradiado de las ampollas y posterior dilución con Hg metálico, debido a la alta actividad específica del primero, debe realizarse en campanas y con protección radiológica adecuada, para automatizar este proceso se ha diseñado un dispositivo mecánico ad-hoc, el que es descripto en el capítulo 4.0.0.0.

El Hg° activo es luego diluido con Hg metálico virgen, limpio y libre de amalgamas, en un mezclador especial hasta alcanzar la perfecta homogeneización; con este Hg se producen muestras para inyectar en las celdas (1 muestra por celda) y soluciones madres, a razón de una solución madre cada diez muestras.

Algunas de las soluciones madres extraídas son utilizadas para construir los patrones de referencia según las normas y procedimientos adoptados cuando se puso en operación el programa de computación [4].

Por último, las muestras de masa constante son inyectadas en las respectivas celdas electrolíticas y transcurridas 24 hs. [4] se procede a extraer muestras-alícuotas las que son medidas conjuntamente con los patrones, por espectrometría gamma con instrumental apropiado [1] [4] . Los resultados se obtienen a partir de un programa de computación que permite conocer la masa de mercurio de cada celda, errores y curvas de decaimiento o regresión real de los patrones, la secuencia de medición de muestras y patrones es la siguiente: tres muestras de una misma celda y luego un patrón, continuando después con tres muestras de la celda siguiente y nuevamente un patrón.

3.0.0.0 ANTECEDENTES RELATIVOS A LA NECESIDAD DE AUTOMATIZAR EL PROCESO.

ROTURA DE AMPOLLAS, FRACCIONAMIENTO Y DILUCION DEL Hg-197 EN EL Hg°

Durante los primeros años de prestación de servicios, las operaciones y procesos previos a la preparación de muestras a inyectar en celdas y soluciones madres para elaborar patrones se realizaba en forma manual.

Como puede apreciarse en la Fig.1 desde las 36 Tn/año primitivas se llegó a un máximo de 227 Tn/año en 1981. En la actualidad, se ha llegado a una saturación del mercado de balances de mercurio y aquellos años que muestran un alto tonelaje de mercurio procesado se debe a que una o más empresas decidieron efectuar dos balances anuales.

Dado que el número de celdas electrolíticas a controlar fue creciendo, y en virtud de la necesidad de programar simultáneamente balances a más de un usuario, se desarrolló y construyó un dispositivo mecánico apto para efectuar estas operaciones en cortos lapsos, dotándolo además de sistemas de seguridad que reducen al mínimo la exposición de los operadores.

Al irradiar Hg° en un reactor nuclear, se producen distintos nucleidos por reacción de captura neutrónica, en nuestro caso los cuatro principales radioisótopos son: ^{197}Hg , ^{197m}Hg , ^{199m}Hg y ^{203}Hg .

Teniendo en cuenta estos antecedentes y las características del Hg contenido en las ampollas, se efectuaron los cálculos de actividad y exposición para diseñar el dispositivo de automatización y los sistemas de seguridad antes mencionados.

3.1.0.0 Cálculo de actividad y exposición previsibles por ampolla

La irradiación con neutrones térmicos de Hg° de composición isotópica natural, mediante reacción (n, γ) conduce a la formación de

distintos productos, ellos son: ^{197}Hg , $^{197\text{m}}\text{Hg}$, $^{199\text{m}}\text{Hg}$, ^{203}Hg y ^{205}Hg (sin considerar reacciones consecutivas).

En base a ello, es posible calcular la actividad y exposición previsible por ampolla a la salida del reactor así como su decaimiento en función del tiempo de "enfriamiento".

3.1.1.0 Actividad de las ampollas portadoras de Hg° irradiado

La ecuación que define la actividad de cada ampolla es:

$$A(t) = A(t)_{197} + A(t)_{197\text{m}} + A(t)_{199\text{m}} + A(t)_{203} \quad (2)$$

en la cual:

$$A(t)_i = A_{Si} (1 - e^{-\lambda_i t}) \quad (3)$$

$$A_{Si} = \frac{m \cdot N_o \cdot \sigma_i \cdot p_i \cdot \phi \cdot r_i}{A_{tg} \cdot 100} \quad (4)$$

$$\lambda_i = \frac{\ln 2}{T_i} \quad (5)$$

donde:

i : índice que identifica a cada nucleído.

m : masa de mercurio contenida en la ampolla.

N_o : número de Avogadro.

σ_i : sección eficaz para la i -ésima reacción (n, γ).

p_i : porcentaje del isótopo blanco en la muestra irradiada.

A_{tg} : átomo gramo del mercurio.

T_i : período del i -ésimo nucleído.

λ_i : constante de desintegración.

ϕ : flujo neutrónico.

r_i : fracción para reacciones paralelas.

t : tiempo de irradiación.

A : actividad.

En realidad, en la ecuación (2) se podrían haber incluido más términos, pero no es necesario dado que luego de dejar "enfriar", solo presentan una actividad apreciable los nucleídos considerados.

Los datos básicos para el cálculo de actividad son [2] :

$^{196}\text{Hg} (n,\gamma) ^{197}\text{Hg} : \sigma = 3080 \text{ barn}; T = 64,1 \text{ h} ; p = 0,15\%$

$^{196}\text{Hg} (n,\gamma) ^{197m}\text{Hg} : \sigma = 120 \text{ barn}; T = 23,8 \text{ h} ; p = 0,15\%$

$^{198}\text{Hg} (n,\gamma) ^{199m}\text{Hg} : \sigma = 0,018 \text{ barn}; T = 42,6 \text{ min}; p = 10,1\%$

$^{202}\text{Hg} (n,\gamma) ^{203}\text{Hg} : \sigma = 4,9 \text{ barn}; T = 46,59 \text{ h} ; p = 29,65\%$

r : ^{197}Hg : 77/80; ^{197m}Hg : 3/80; ^{199m}Hg : 1; ^{203}Hg : 1.

t : 3 hs.

m : 2 g.

ϕ : 2×10^{13} neutrones/cm² seg.

No: $6,02252 \times 10^{23}$ átomos/Atg.

Atg: 200,59 g.

Las actividades resultantes de cada nucleído a la salida del reactor para tres horas de irradiación, son las siguientes:

$A_{197} = 17046 \text{ MBq}$

$A_{197m} = 68 \text{ MBq}$

$A_{199m} = 207 \text{ MBq}$

$A_{203} = 324 \text{ MBq}$

Luego, la actividad total por ampolla será:

$A = 17645 \text{ MBq} (447 \text{ mCi}).$

Esta es la actividad luego de terminada la irradiación, si se deja enfriar por espacio de algunas horas, la actividad será la expresada en la Fig.3.

3.1.2.0 Exposición

La intensidad de exposición para un nucleído dado viene expresada en forma aproximada [3] por la ecuación:

$$\dot{X} = 1,514 \times 10^{-5} A \bar{E} \quad (6)$$

donde:

$$|\dot{X}| = \text{mRhm.}$$

$$|A| = \text{MBq}$$

$$|\bar{E}| = \text{keV (energía media por desintegración).}$$

La ecuación (6) suele definirse en forma más conveniente:

$$\dot{X} = \Gamma \cdot A \quad (7)$$

En ella Γ es la constante de radiación gamma específica y sus unidades son:

$$|\Gamma| = \text{mRhm/MBq}$$

A partir de los esquemas de desintegración respectivos (Figs.4,5,6,7) se han calculado las energías medias por desintegración y las constantes de radiación gamma específica para cada uno de los radioisótopos antes mencionados. Los resultados son presentados en la Tabla II.

TABLA II

NUCLEIDO	$\bar{E}$ (keV)	$\Gamma(\text{mRhm/MBq})$	$\Gamma(\text{mRhm/mCi})$
^{197}Hg	79,25	$1,20 \times 10^{-3}$	$4,44 \times 10^{-2}$
^{197m}Hg	306,79	$4,64 \times 10^{-3}$	$1,72 \times 10^{-2}$
^{199m}Hg	532,37	$8,06 \times 10^{-3}$	$2,98 \times 10^{-1}$
^{203}Hg	279,19	$4,23 \times 10^{-3}$	$1,56 \times 10^{-1}$

En base a los datos de la Tabla II y en virtud de conocer la intensidad de exposición con la que deberá trabajar el operario en la iniciación del procedimiento del Hg° irradiado, contenido en cada ampolla, se ha calculado dicha intensidad para distintos tiempos de "enfriamiento" t_e (Fig. 8).

Integrando la ecuación (7) respecto del tiempo, y sumando la

contribución de cada radioisótopo presente en el Hg activo (8) se obtiene la exposición total (9) por ampolla.

$$X = \sum_i \int_0^{t_{op}} \dot{X}_i(t) dt = \sum_i \Gamma_i \int_0^{t_{op}} A_i(t) dt \quad (8)$$

$$X = \sum_i \frac{\Gamma_i}{\lambda_i} A_i(t_e) [1 - e^{-\lambda_i t_{op}}] \quad (9)$$

donde:

$A_i(t_e)$: actividad del i-ésimo nucleído presente en el Hg irradiado, transcurrido un tiempo t_e luego de la irradiación.

t_{op} : tiempo total que demanda el procesamiento de una ampolla conteniendo Hg° irradiado.

En la Fig.9 se representa la exposición total luego de enfriar 1 hora para un tiempo de operación (t_{op}) variable y además las curvas para distintas distancias de trabajo.

La ecuación que relaciona las exposiciones a dos distancias cualesquiera es:

$$X(d) = X(d_o) \left[\frac{d_o}{d} \right]^2 \quad (10)$$

Con respecto al tiempo de operación es conveniente tener en cuenta que en la práctica solo rige el lapso en que se manipula mercurio activo concentrado ya que a partir del momento en que es diluído en mercurio virgen natural el autoblandaje reduce la intensidad de exposición a valores muy adecuados.

4.0.0.0 DISPOSITIVO MECANICO PARA EXTRAER EL MERCURIO IRRADIADO DE LAS AMPOLLAS DE CUARZO

El mercurio irradiado envasado en ampollas dobles de cuarzo, debe ser calibrado y luego diluido en mercurio virgen, libre de amalgamas e impurezas. Es necesario por lo tanto extraer el mercurio de las ampollas.

Por las características capilares de la ampolla portadora del mercurio se consideró conveniente la ruptura mecánica de la misma para la liberación total de su contenido.

Se diseñó y construyó por lo tanto un dispositivo mecánico el cual es accionado desde el exterior de una celda, normalizada para usos múltiples, en la que fue montado.

4.1.0.0 Características del dispositivo mecánico

El principio de funcionamiento es similar al de una morsa, con mordazas y cuchillas de corte con las siguientes características:

- .- Las cuchillas fueron construídas de acero especial ACIN F12 CR (1) BORA, están rectificadas y pueden desmontarse para ser recambiadas. La construcción en este acero especial evita la deformación en el templado.
- .- La disposición de las cuchillas y el plano de corte, inclinado de diseño, aseguran la ruptura de la parte inferior de la ampolla en primer lugar.
- .- La inclinación del plano de corte y el filo de las cuchillas han sido ajustados para lograr una granulometría del cuarzo pulverizado compatible con una rápida separación por decantación y filtrado.

4.2.0.0 Montaje y Operación

El dispositivo mencionado se instaló en una celda de plomo

con tres ventanas laterales de vidrio de plomo y tres telepinzas que permiten efectuar la siguiente secuencia de operaciones.

- .- Disponer las ampollas irradiadas en la celda sobre una grilla ad-hoc.
- .- Colocar cada ampolla en el dispositivo mecánico de ruptura
- .- Poner en marcha (o detener) el agitador para mezclar el mercurio virgen con el mercurio activo y efectuar así la primera dilución.
- .- Operar la llave del embudo decantador para separar por decantación la mayor parte del cuarzo y fraccionar el mercurio en vasos de precipitado.
- .- Manipular vasos de precipitado con mercurio diluido.
- .- Filtrado.
- .- Trasvasado.

El Hg activo luego de toda la operación queda libre de cuarzo y se encuentra diluido, autoblandado y fraccionado en volúmenes tales que permiten reducir la exposición a límites compatibles con las operaciones posteriores que se realizan fuera de la celda.

4.3.0.0 Planos

En el Anexo se presentan los planos del dispositivo mecánico. El ordenamiento de los mismos representa en forma aproximada la secuencia de construcción de las partes y del armado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] H.R.Gómez Ruiz, H.C.Rocca, E.García Agudo, G.B.Baró.
Balance de mercurio en celdas electrolíticas con trazadores radiactivos.
CNEA. EN-8/15 (1969).

- [2] W.Seelmann- Eggebert, G.Pfeming, H.Münzel, H.Klewe.
Nebenius.
Tabla de Nucléidos (1981).

- [3] R.H.Rodríguez Pasqués.
Introducción a la Tecnología Nuclear.
EUDEBA (1978), 313-318.

- [4] G.E.Maggio, R.J.Gillen, S.E.Rey, U.I.Kopp, J.G.Graño,
R.H.Gómez.
Balance de mercurio en celdas electrolíticas.
(En imprenta).

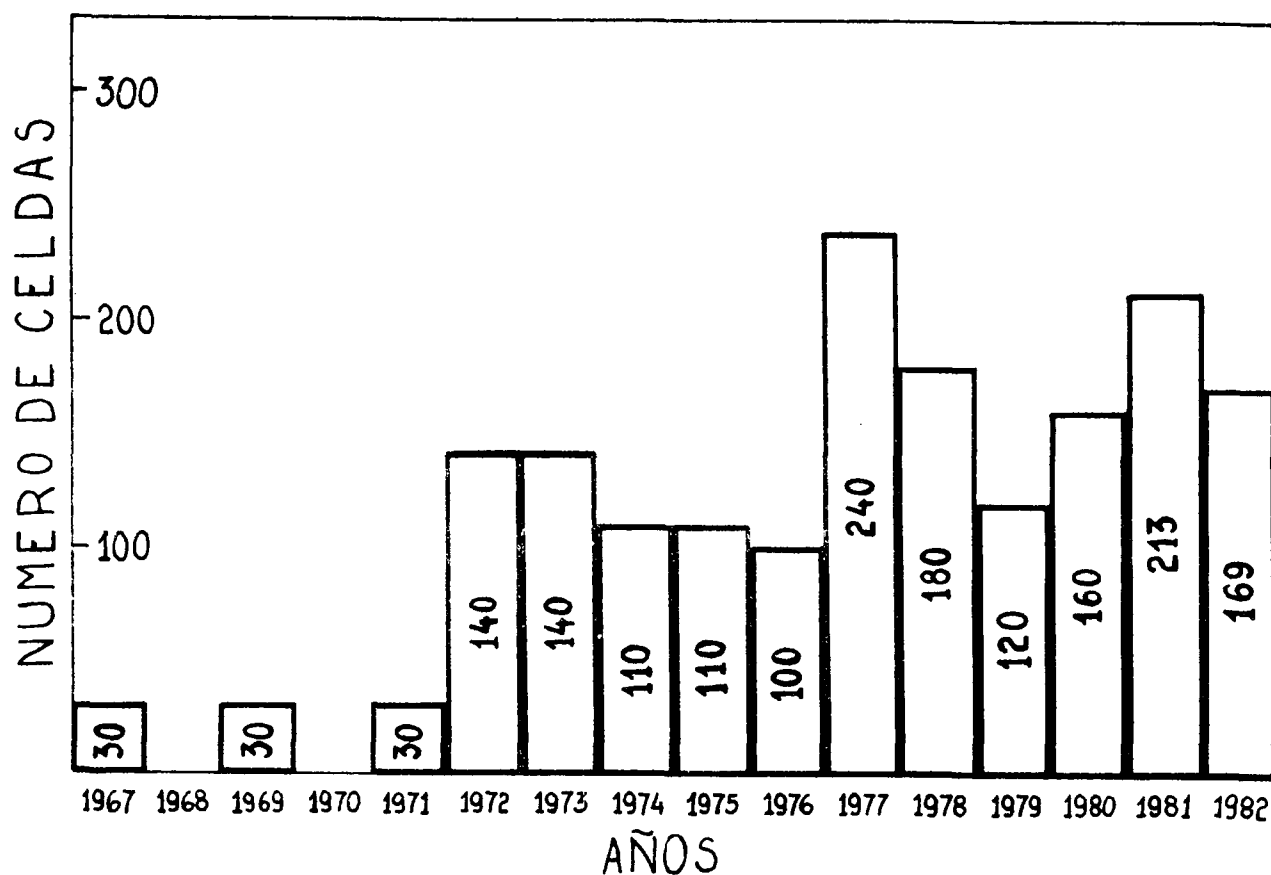
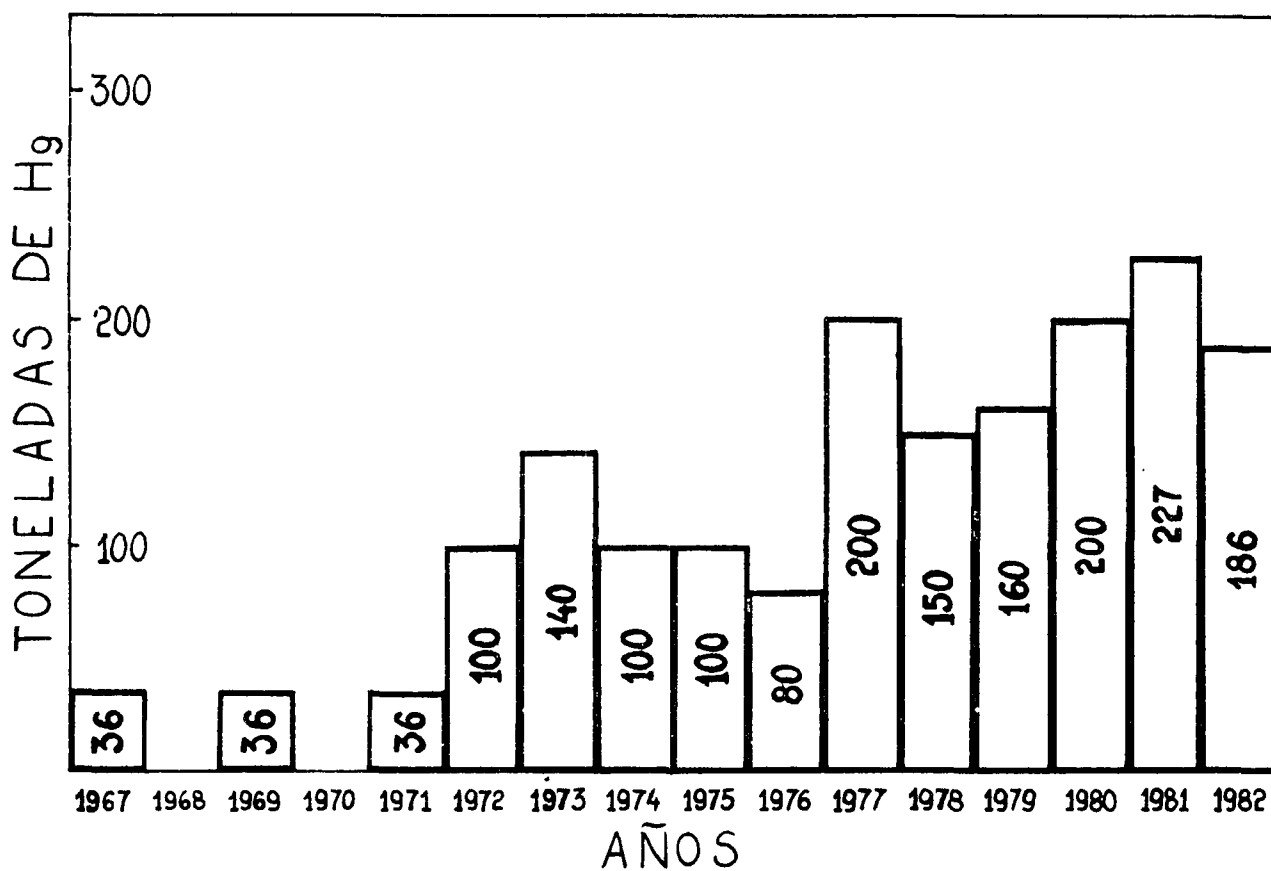


Fig.1 Balances de mercurio efectuados por la C.N.E.A. . Tonelaje de mercurio determinado y número de celdas electrolíticas controladas anualmente utilizando ^{197}Hg como trazador radiactivo.

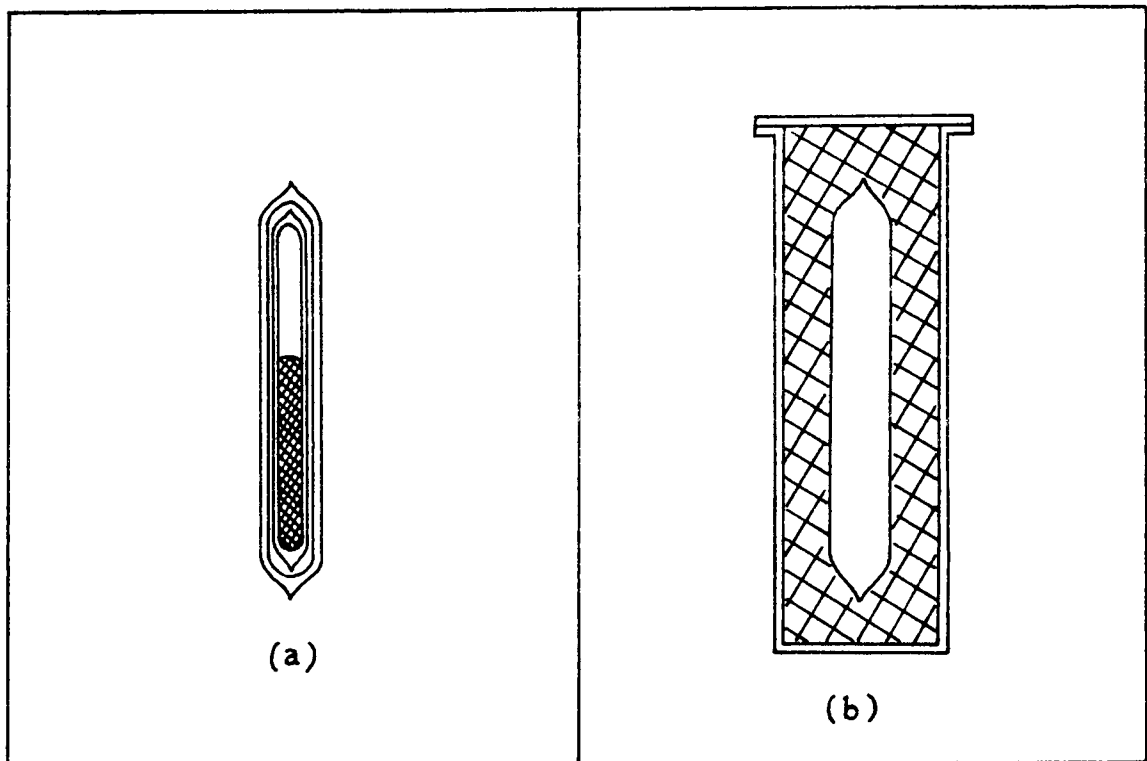


Fig. 2 (a) Ampolla doble de cuarzo y (b) "can" de aluminio para la irradiación de mercurio. (Esc. 1:1)

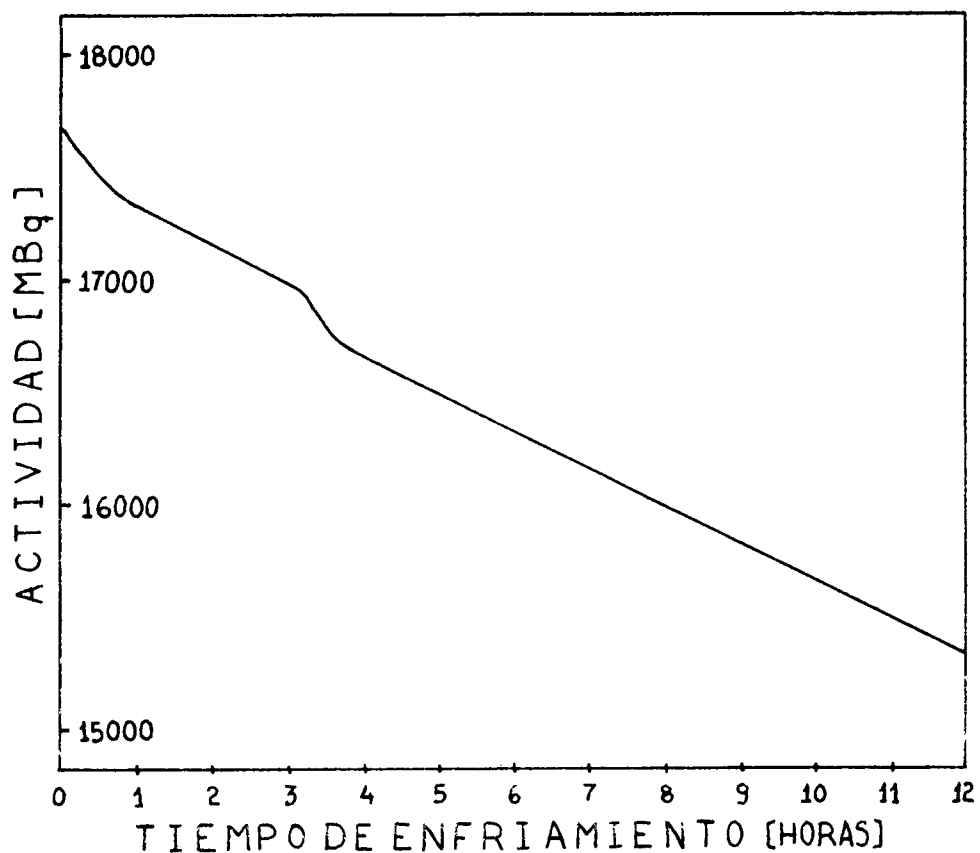


Fig. 3 Actividad de una ampolla en función del tiempo de enfriamiento (hora 0 salida del reactor)

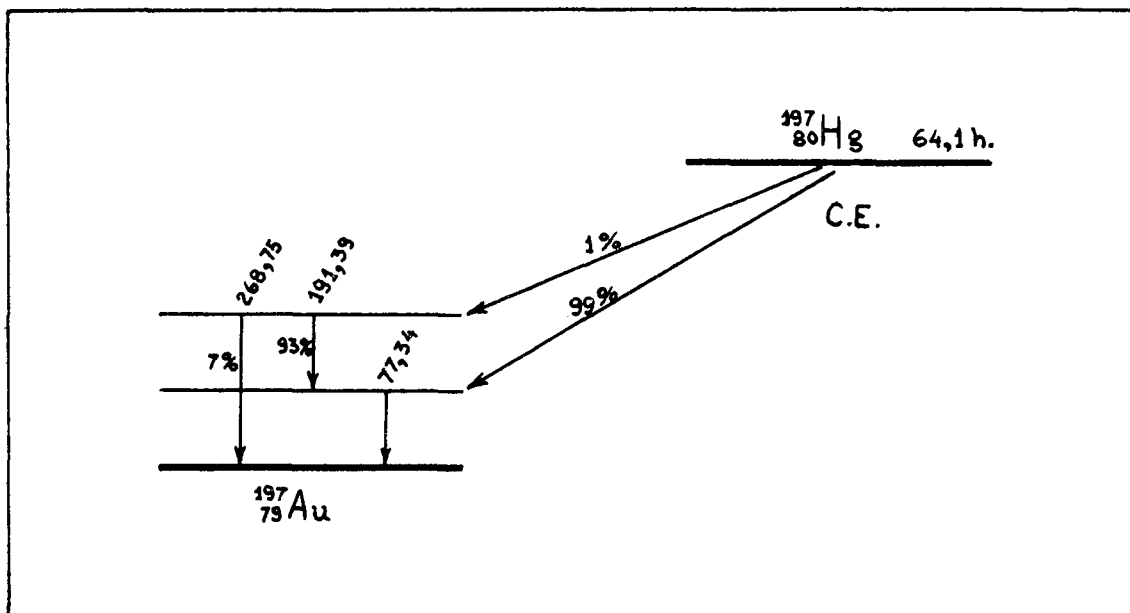


Fig.4 Esquema de desintegración del ^{197}Hg .

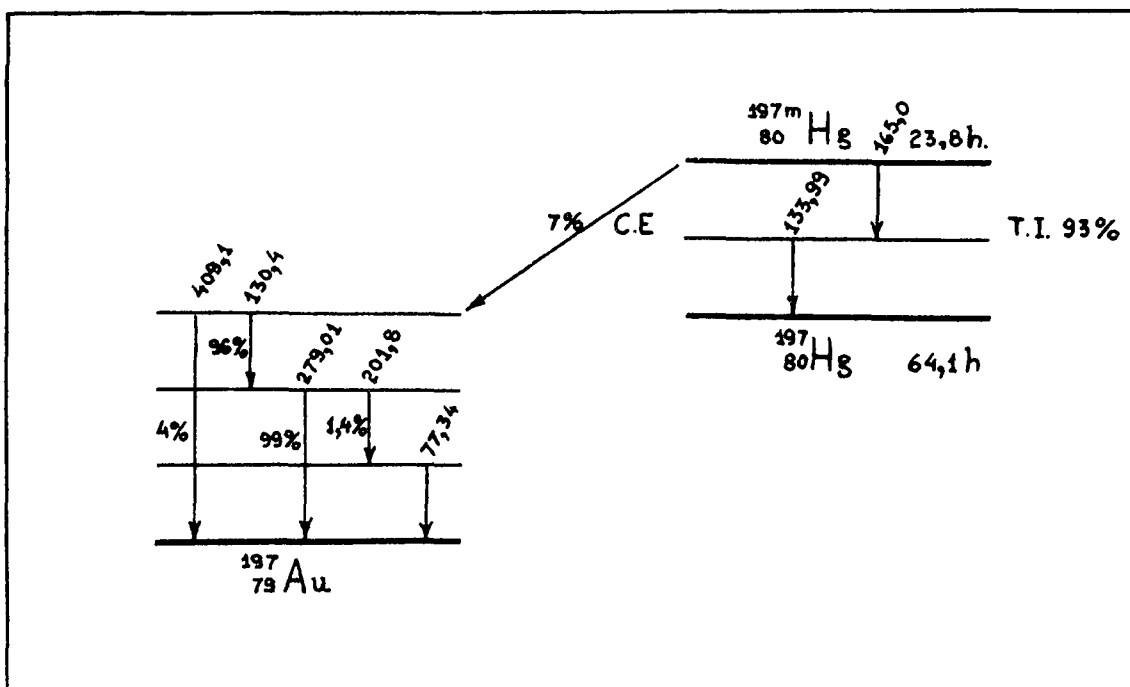


Fig.5 Esquema de desintegración del $^{197\text{m}}\text{Hg}$.

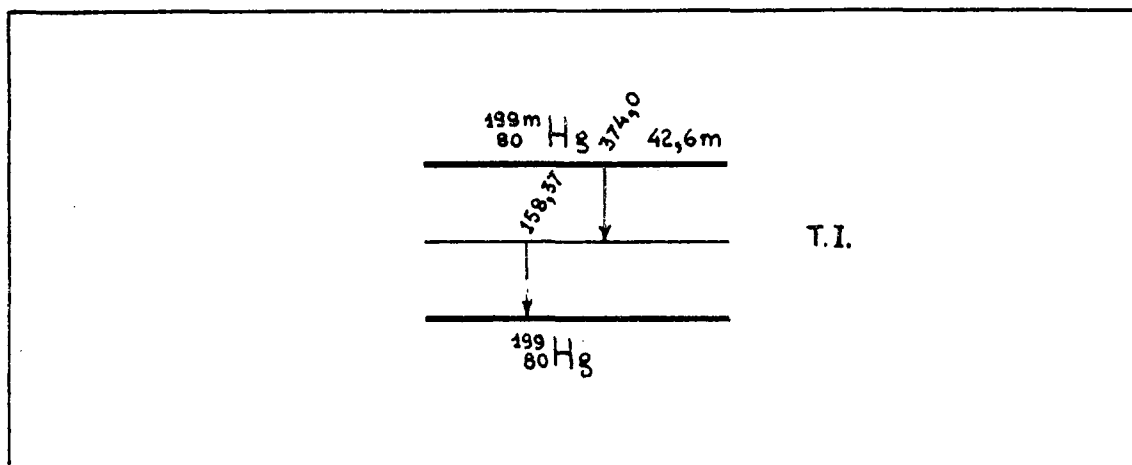


Fig.6 Esquema de desintegración del ^{199m}Hg .

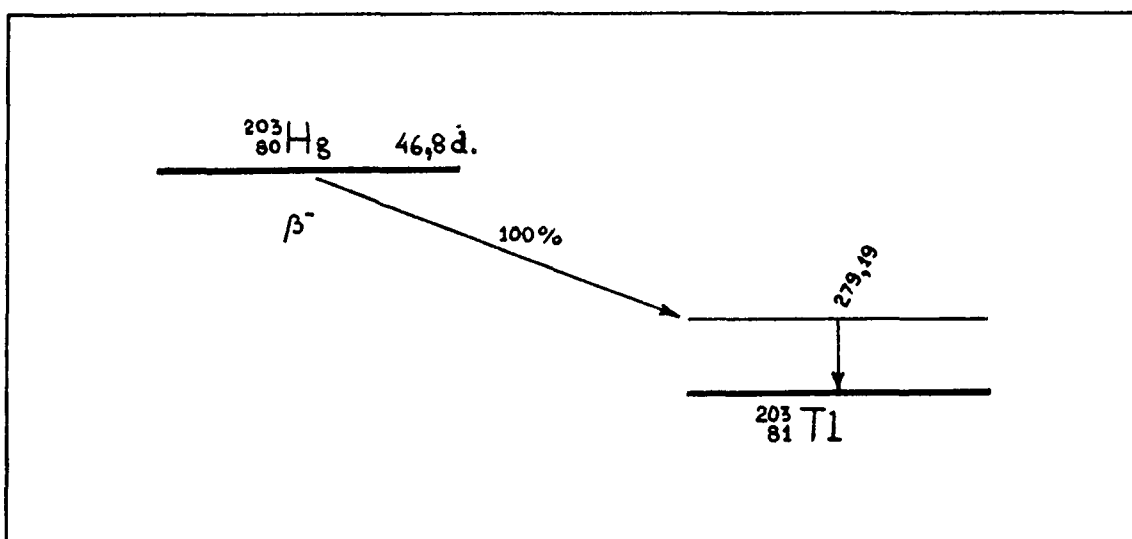


Fig.7 Esquema de desintegración del ^{203}Hg .

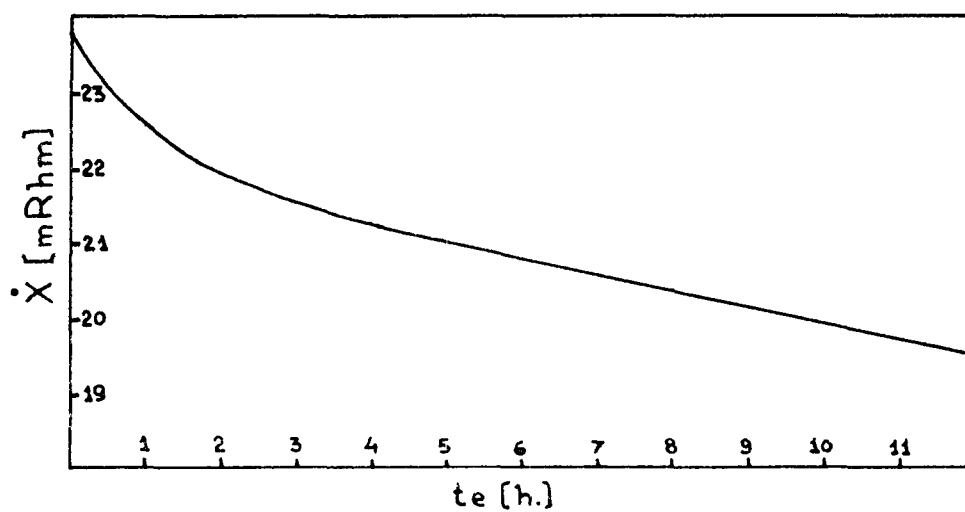


Fig.8 Intensidad de exposición de una amolla en función del tiempo de enfriamiento.

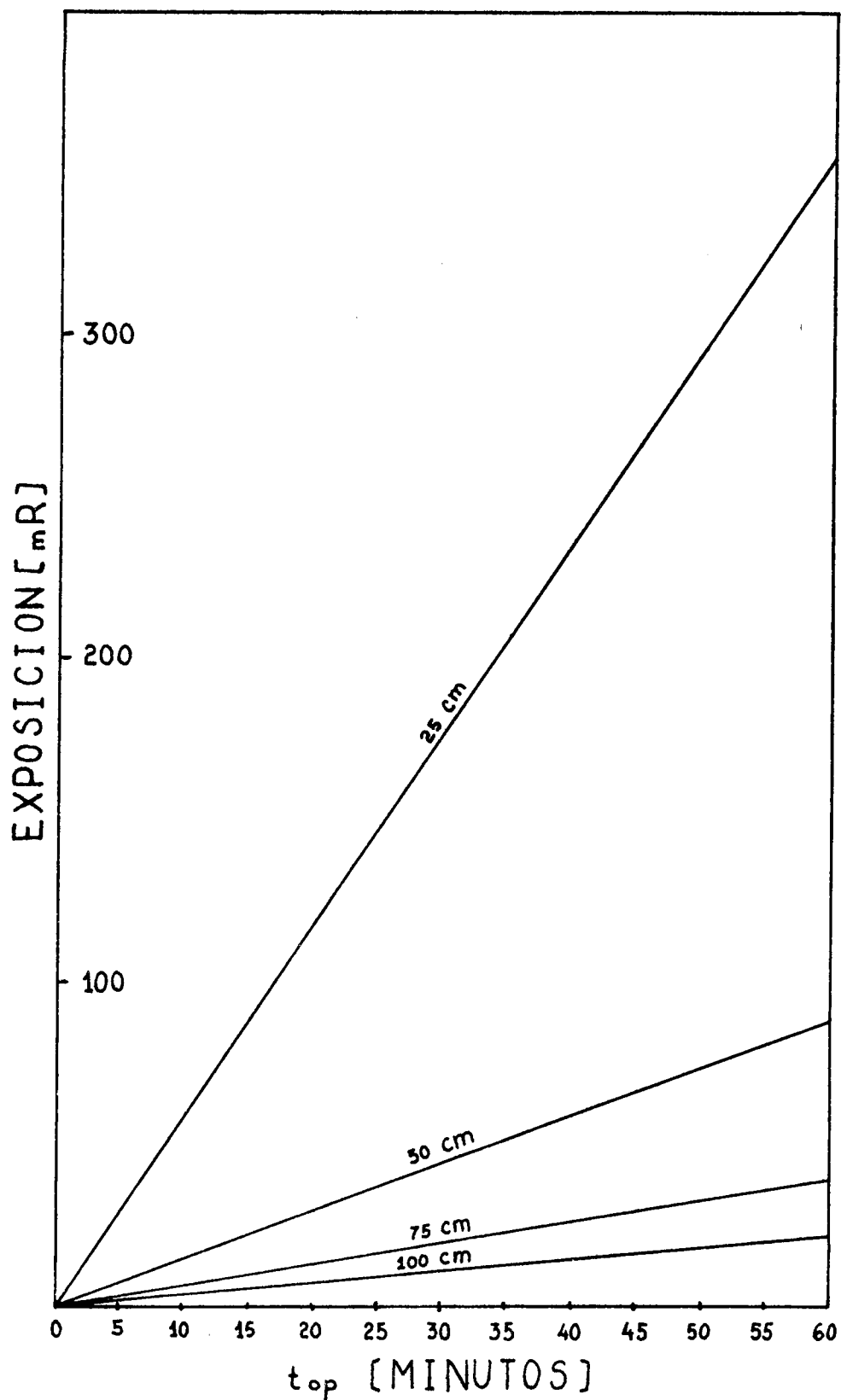
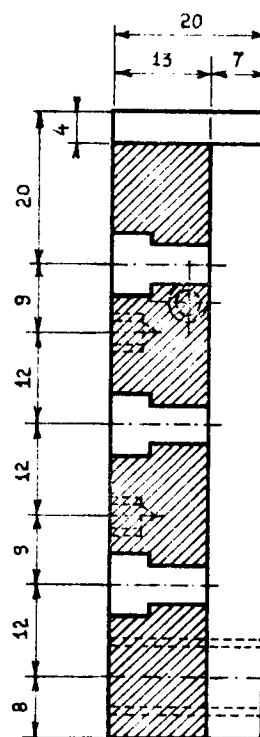
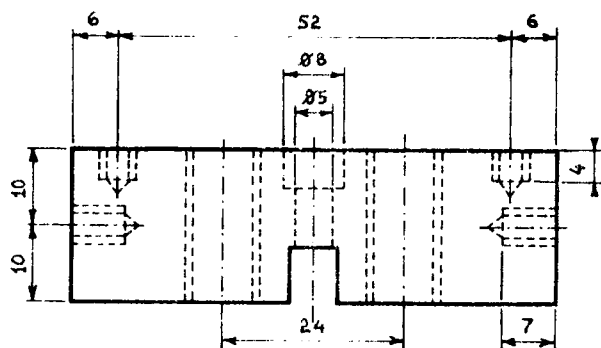


Fig.9 Exposición en función del tiempo de operación para una ampolla y un tiempo de enfriamiento de 1 hora. Curvas para distintas distancias de trabajo.

A N E X O



CORTE AB



01	1	GAE001	MORDAZA MOVIL	NIQUELADO
----	---	--------	---------------	-----------

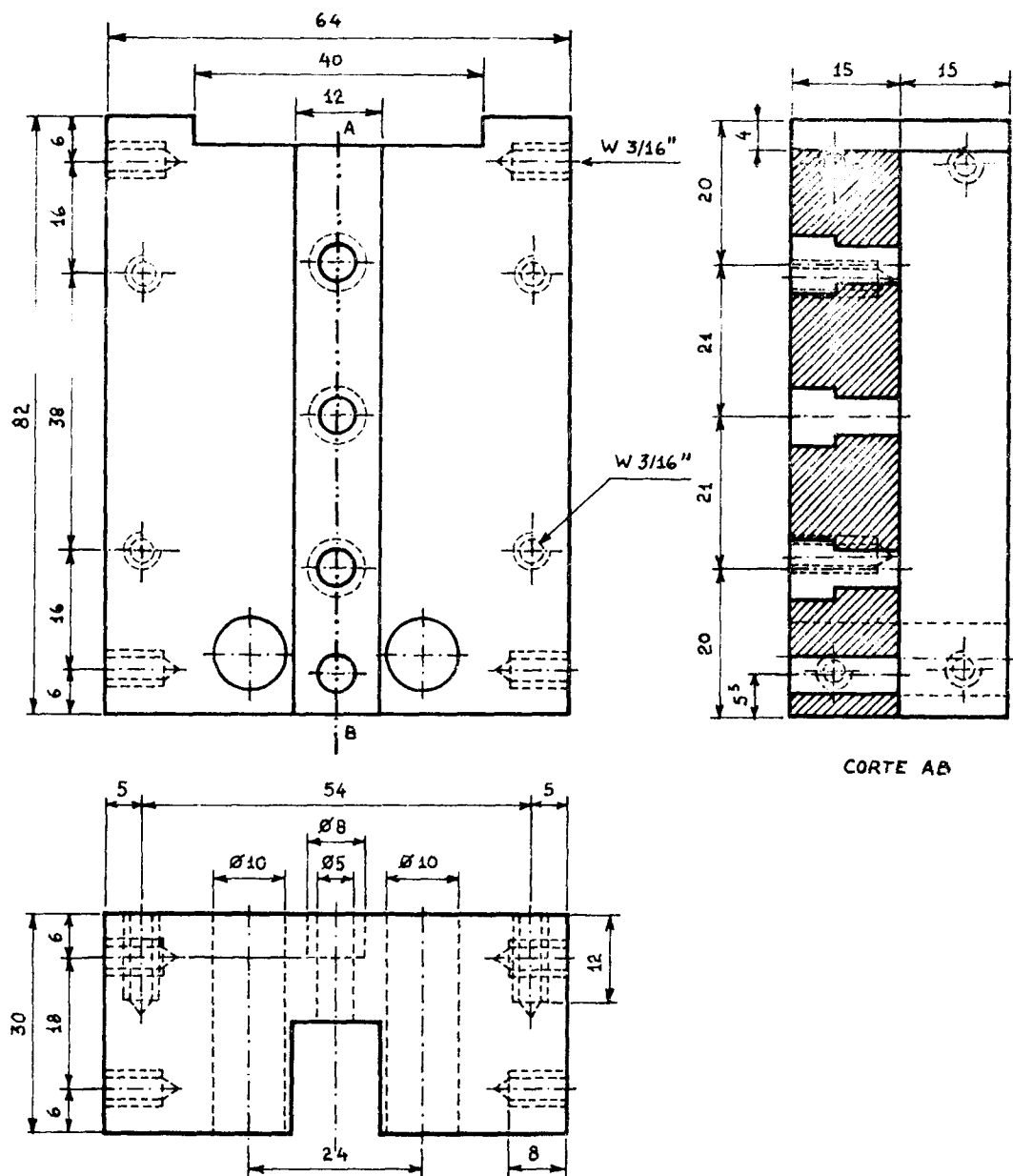
SAE 1010

ROM 300

6/2/44

7/80

E. GUEVARA



CORTE AB

02	1	GAE 001	MORDAZA FIJA	NIQUELADO
----	---	---------	--------------	-----------

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES
GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CONTIENE MERCURIO RADIADO

BALANCE DE MERCURIO

E. Guevara

7/80

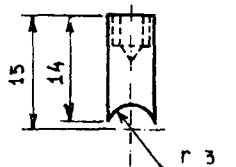
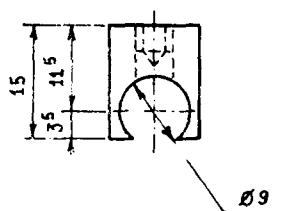
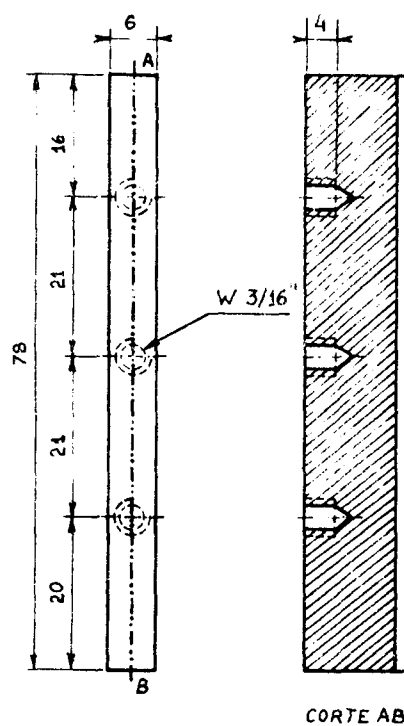
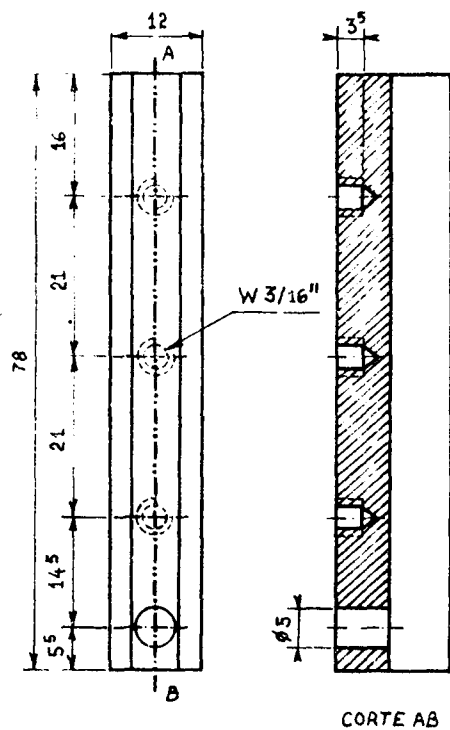
E. GUEVARA

ROM300

A-4

CUCHILLA PORTA AMPOLLA

CUCHILLA DE CORTE



03	1	GAE 001	CUCHILLA PORTA AMPOLLA	TEMPLADO A 950 °C
04	1	GAE 001	CUCHILLA DE CORTE	TEMPLADO A 950 °C

1.1

ACIN F12
CR (I)
BORA

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES
GERENCIA DE APLICACIONES
DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-
TIENEN MERCURIO IRRADIADO
BALANCE DE MERCURIO

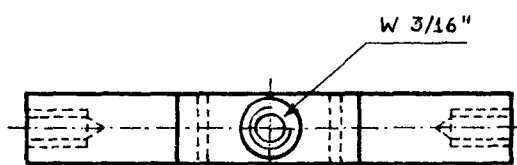
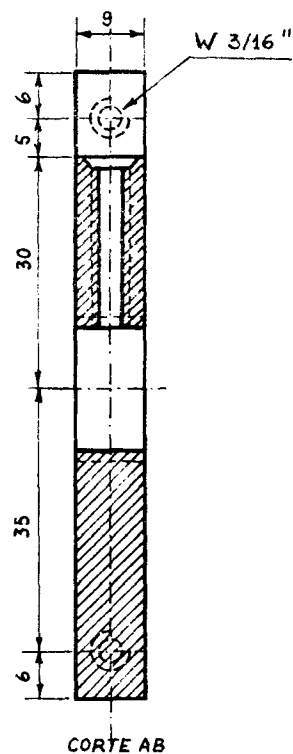
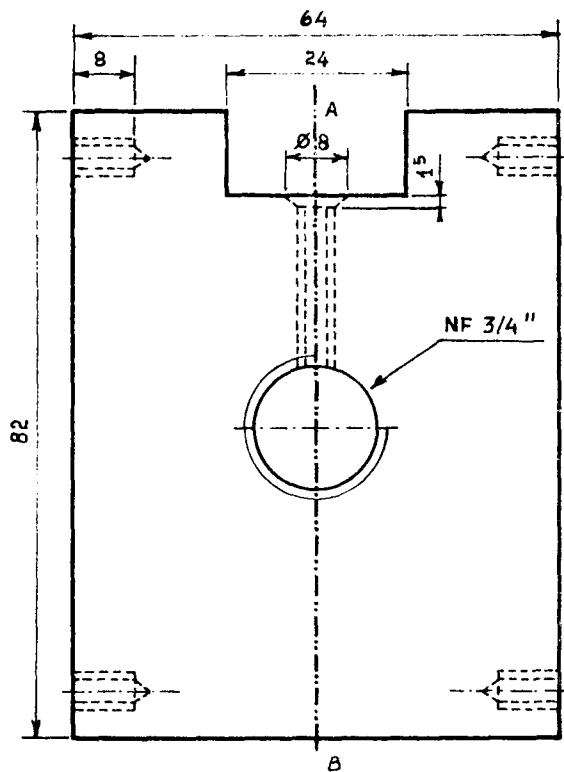
Handwritten signature

7/80

E. GUEVARA

ROM 300

A 4



05	1	GAE 001	PLACHUELA DE AJUSTE	NIQUELADO
----	---	---------	---------------------	-----------

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES
GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CONTIENEN MERCURIO IRRADIADO

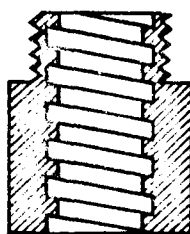
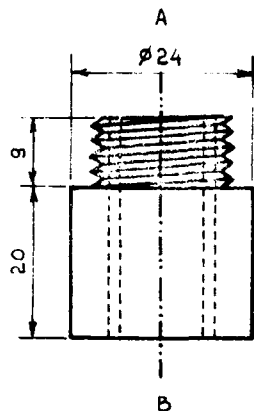
BALANCE DE MERCURIO

E. Guevara

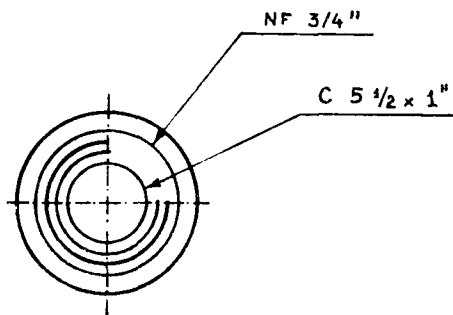
7/80 E. GUEVARA

ROM300

ROSCA DE AJUSTE

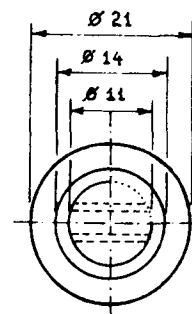
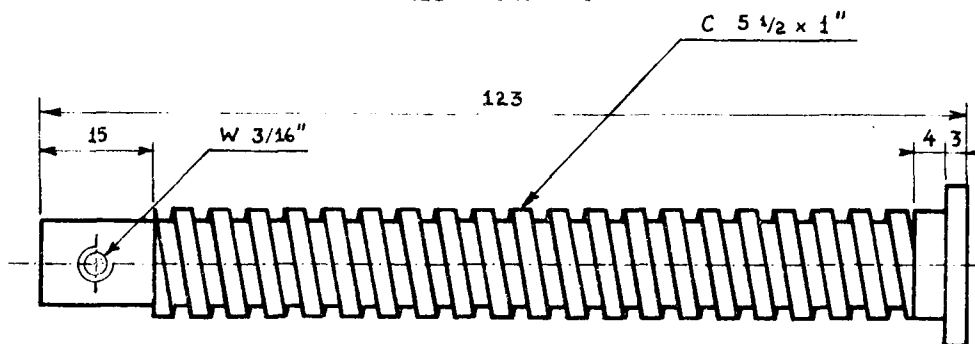


CORTE AB



C 5 1/2 x 1" : ROSCA CUADRADA DE 14 mm DE DIAMETRO EXTERIOR CON 5 1/2 FILETES POR PULGADA.

TORNILLO DE AJUSTE



06	1	GAE 001	ROSCA DE AJUSTE	NIQUELADO
07	1	GAE 001	TORNILLO DE AJUSTE	NIQUELADO

1:1

06
BRONCE
07
SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES
GERENCIA DE APLICACIONES
DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CONTIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

Alus

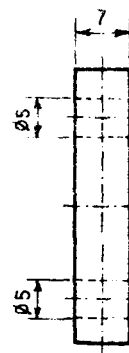
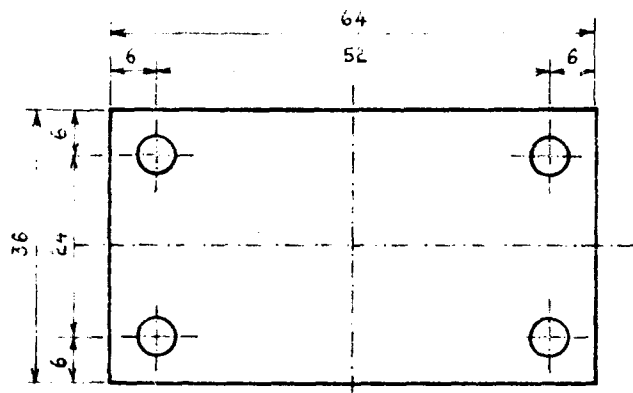
7/80

E.GUEVARA

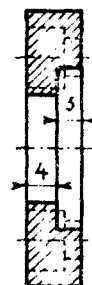
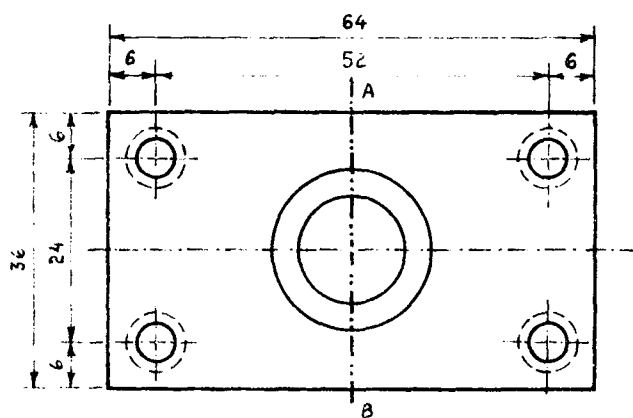
ROM 300

A-4

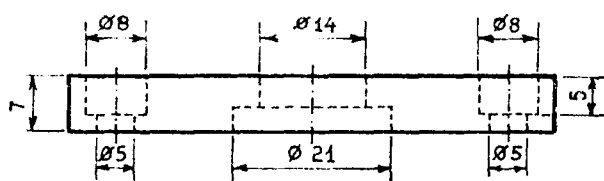
PLANCHUELA DE EMPUJE



PLANCHUELA RETEN



CORTE AB



08	1	GAE 001	PLANCHUELA DE EMPUJE	NIQUELADO
09	1	GAE 001	PLANCHUELA RETEN	NIQUELADO

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-

TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

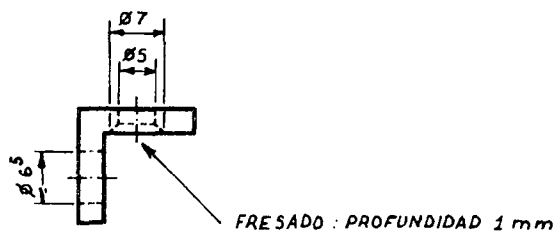
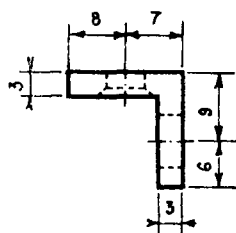
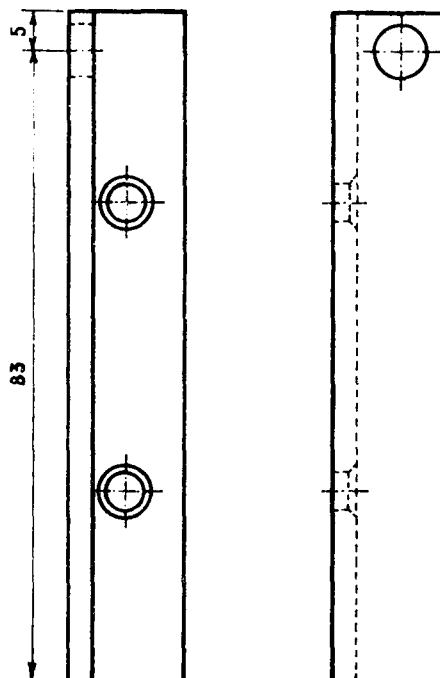
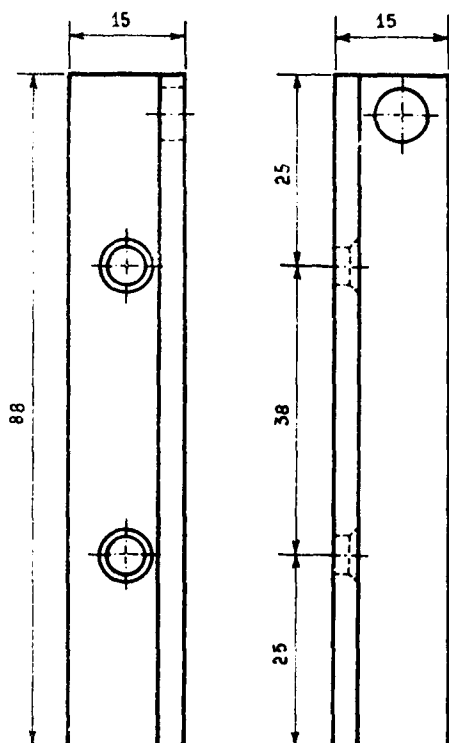
E. Guevara

7/80

E. GUEVARA

BISAGRA DERECHA

BISAGRA IZQUIERDA



10	1	GAE 001	BISAGRA DERECHA	NIQUELADO
11	1	GAE 001	BISAGRA IZQUIERDA	NIQUELADO

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-

TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

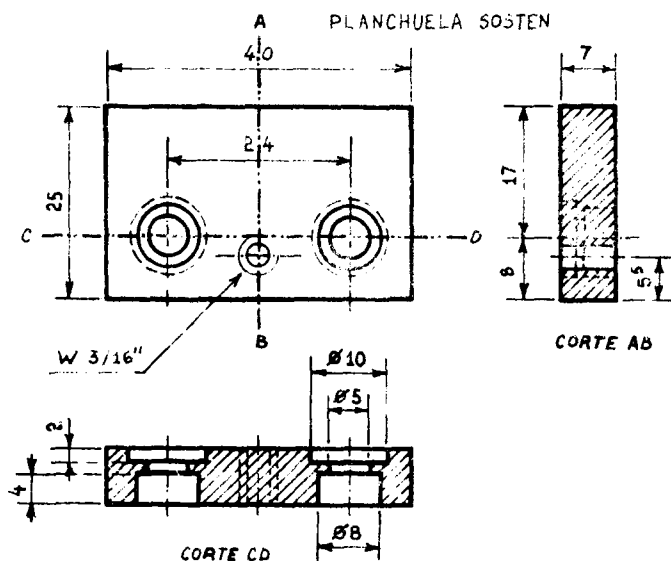
Handwritten signature

7/80

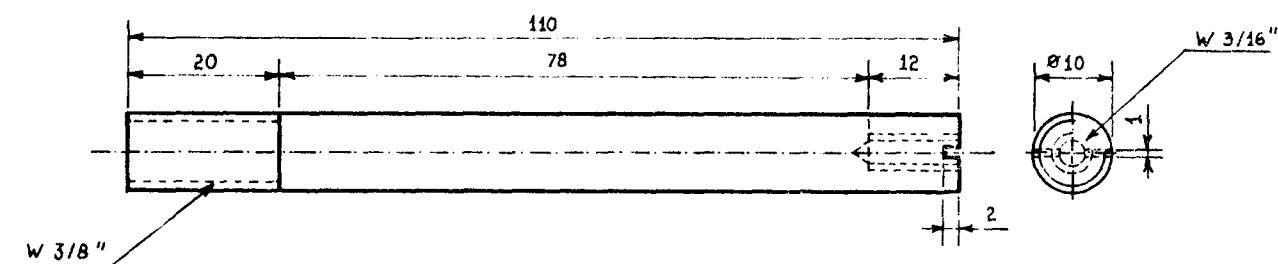
E.GUEVARA

ROM 300

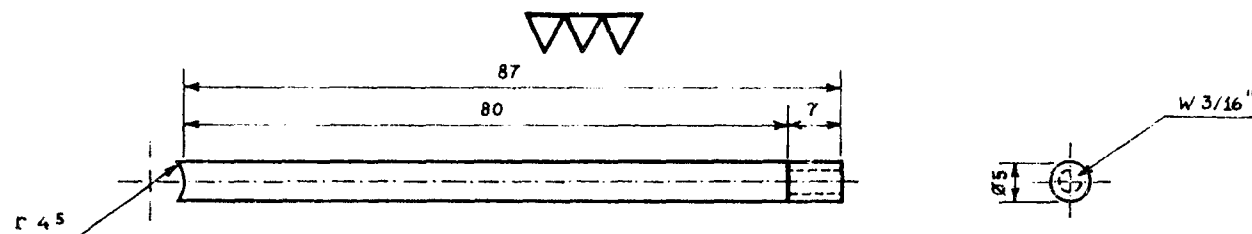
A-4



PASADOR GUIA



PASADOR SOSTEN



12	1	GAE 001	PLANCHUELA SOSTEN	NIQUELADO
13	2	GAE 001	PASADOR GUIA	TEMPLADO A 950 °C
14	1	GAE 001	PASADOR SOSTEN	NIQUELADO

1:1

12 Y 14
SAE 1010
13
ACIN F12

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-
TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

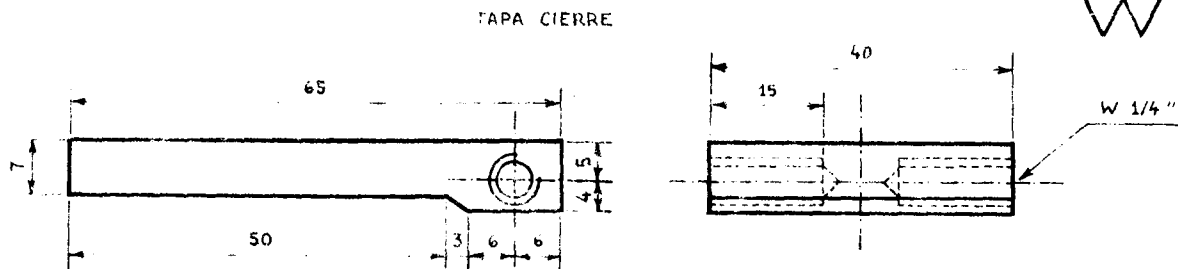
E. Guevara

7/80

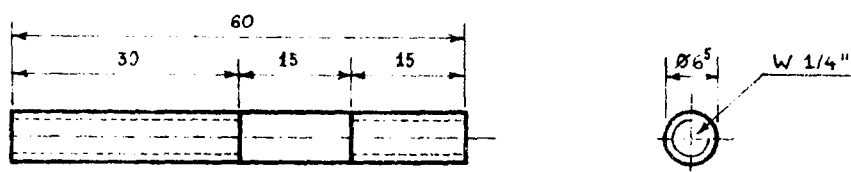
E. GUEVARA

ROM 300

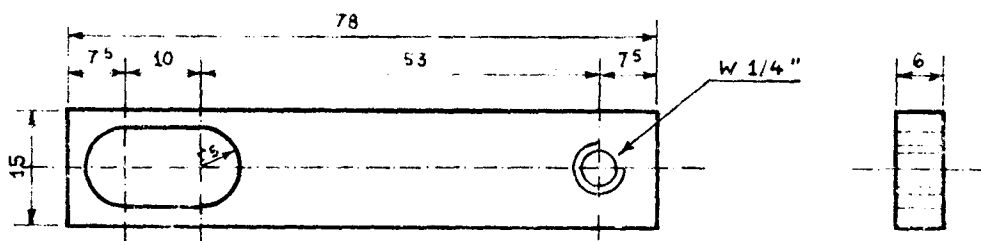
A-4



TORNILLO BISAGRA



BRAZO DE LA TAPA



15	1	GAE 001	TAPA CIERRE	NIQUELADO
16	2	GAE 001	TORNILLO BISAGRA	NIQUELADO
17	2	GAE 001	BRAZO DE LA TAPA	NIQUELADO

11

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES
GERENCIA DE APLICACIONES
DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-
TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

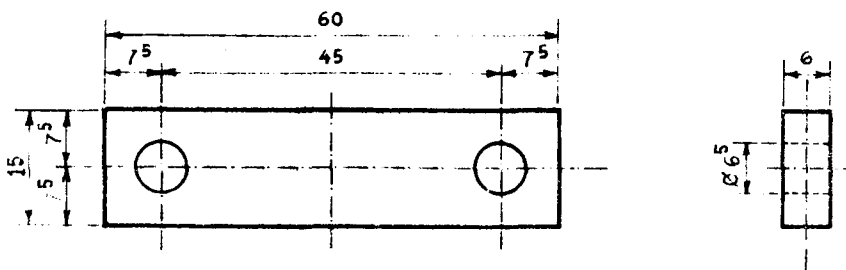
E. Guevara

7/80

E. GUEVARA

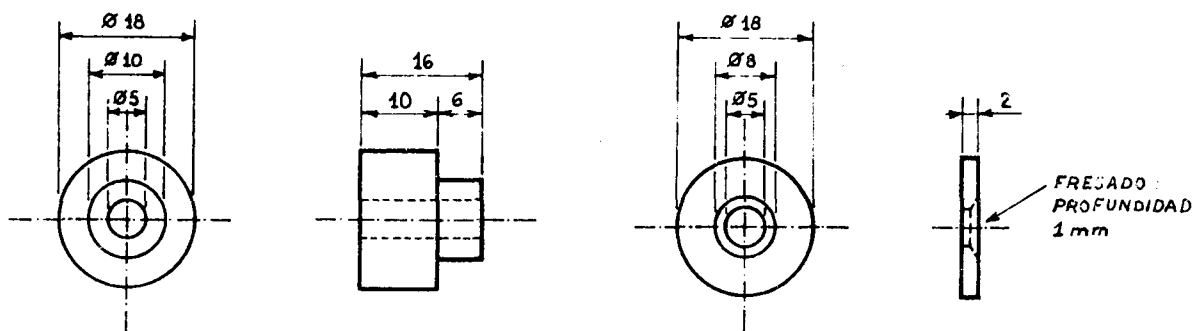
A-4

BRAZO DE LA TAPA



BUJE ARRASTRA BRAZO

ARANDELA RETEN DE BRAZO



18	2	GAE 001	BRAZO DE LA TAPA	NIQUELADO
19	2	GAE 001	BUJE ARRASTRA BRAZO	NIQUELADO
20	2	GAE 001	ARANDELA RETEN DE BRAZO	NIQUELADO

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-

TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

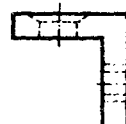
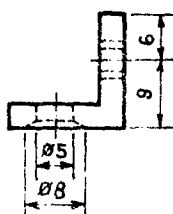
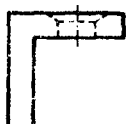
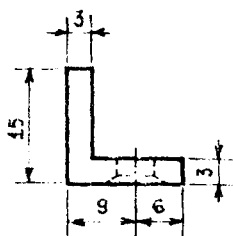
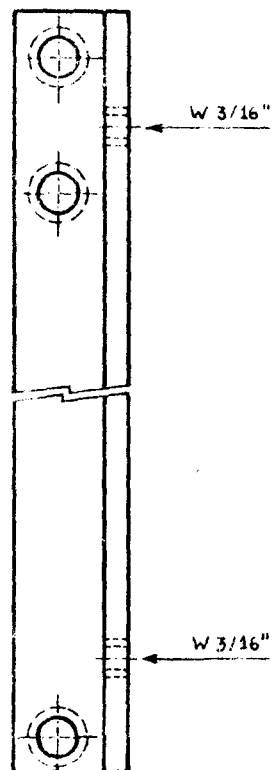
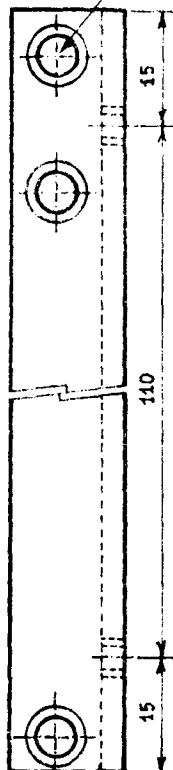
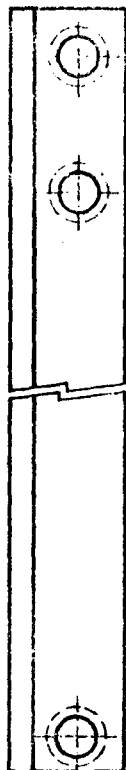
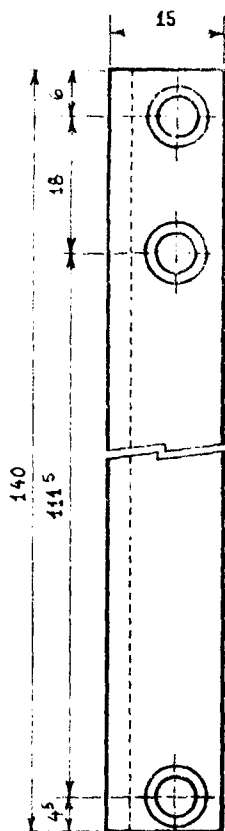
E. Guevara

7/80

E. GUEVARA



FRESADO: PROFUNDIDAD 1mm



21	1	GAE 001	ESCUADRA GUIA	NIQUELADO
22	1	GAE 001	ESCUADRA GUIA	NIQUELADO
23	1	GAE 001	ESCUADRA GUIA	NIQUELADO
24	1	GAE 001	ESCUADRA GUIA	NIQUELADO

1.1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES
GERENCIA DE APLICACIONES
DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-
TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

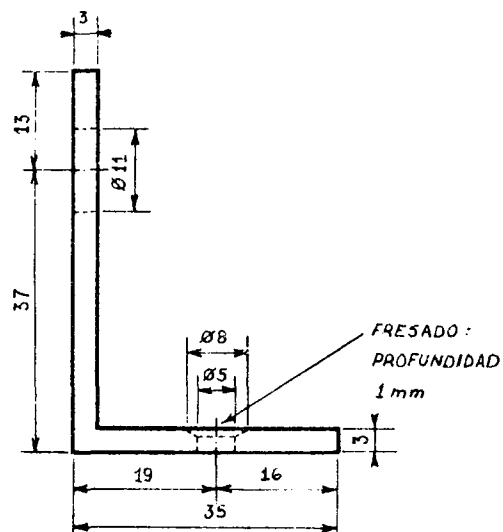
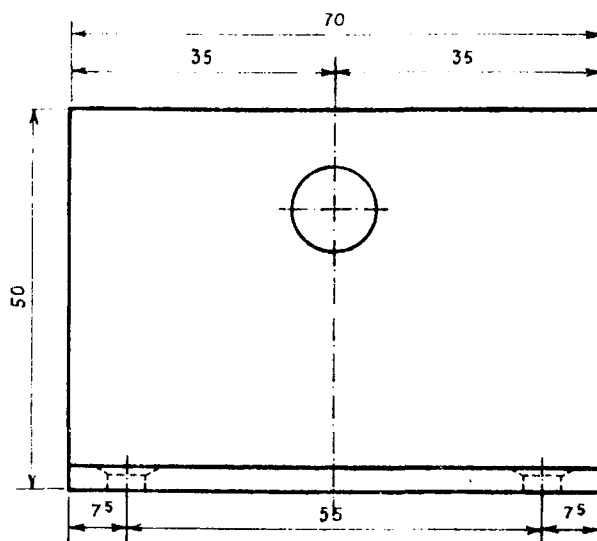
E. Guevara

7/80

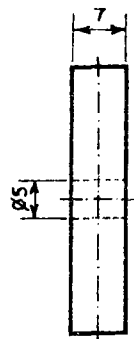
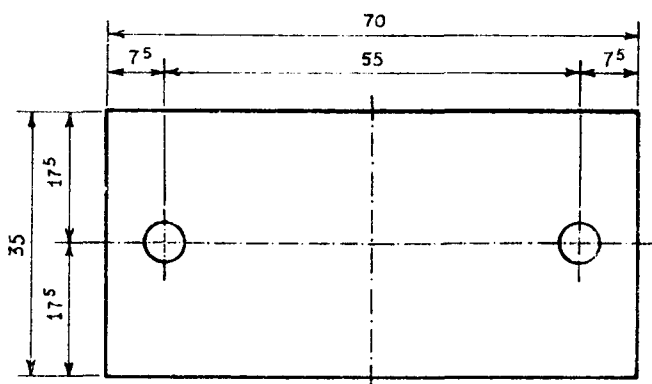
E GUEVARA

ROM 300

BANCADA



PLANCHUELA NIVELADORA



28	2	GAE 001	BANCADA	NIQUELADO
29	2	GAE 001	PLANCHUELA NIVELADORA	NIQUELADO

1-1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-
TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

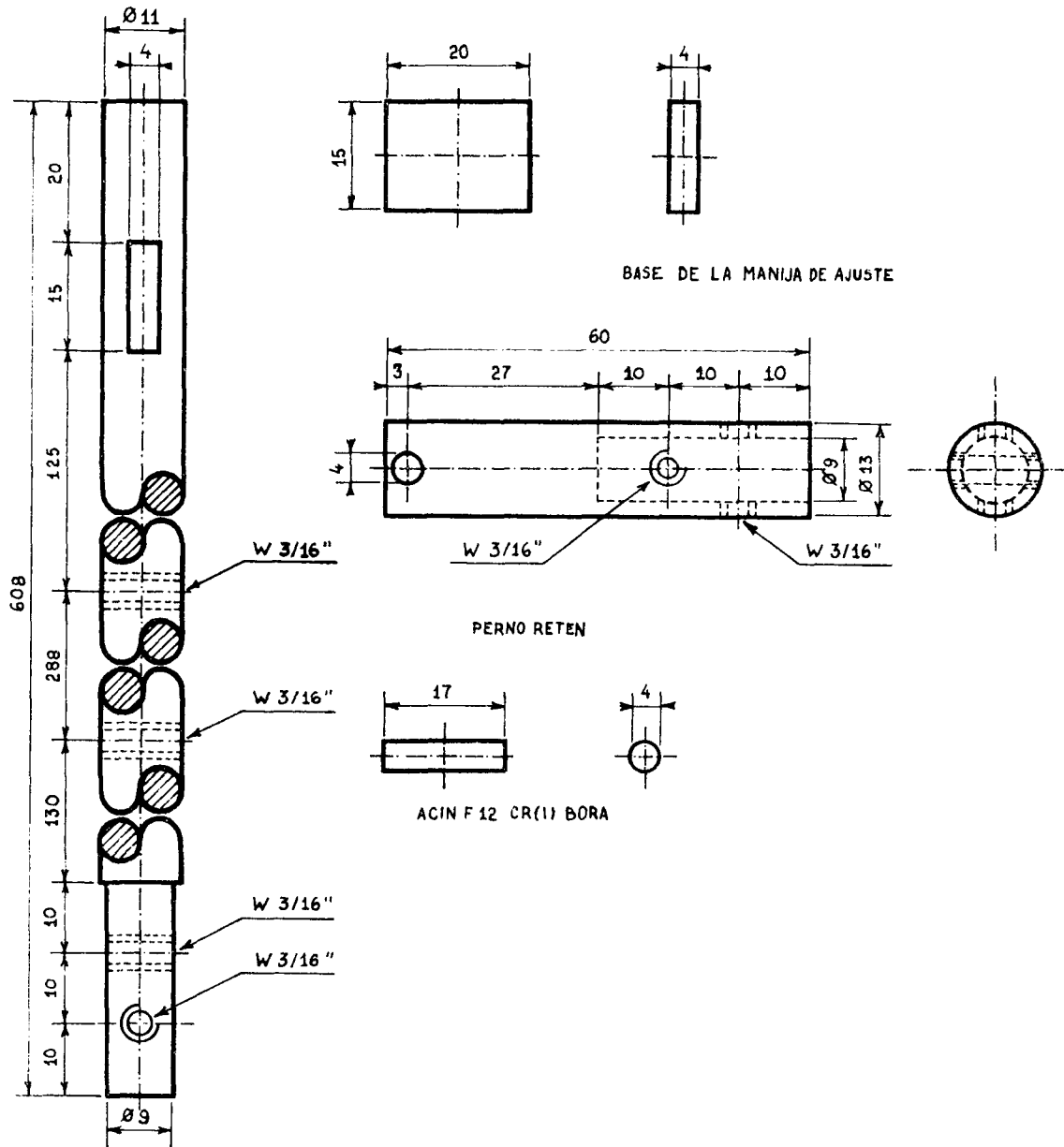
7/80

7/80

E. GUEVARA

ROM 300

A-4



30	1	GAE 001	VARILLA TRANSMISORA	NIQUELADO
31	1	GAE 001	PLANCHUELA TRANSMISORA	NIQUELADO
32	1	GAE 001	BASE DE LA MANIJA DE AJUSTE	NIQUELADO
33	1	GAE 001	PERNO RETEN	NIQUELADO

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-

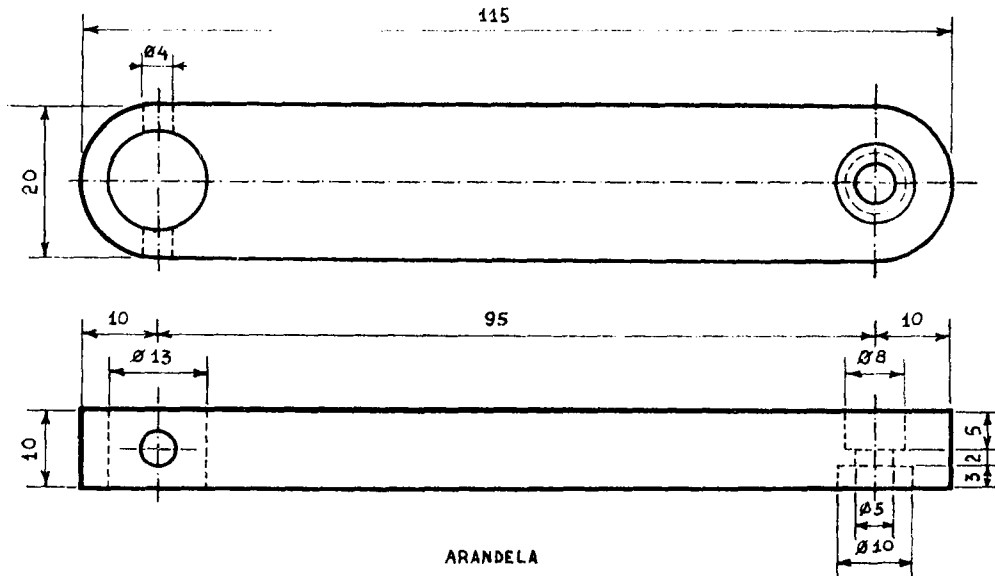
TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

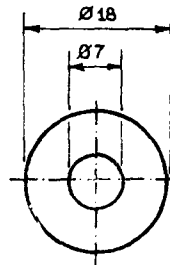
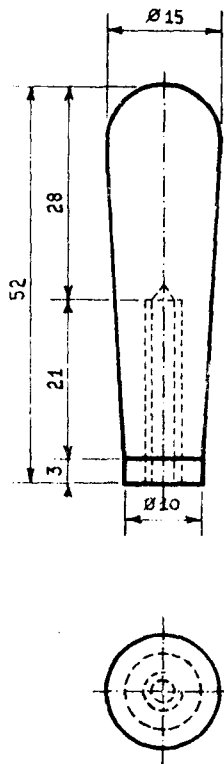
A-4

BRAZO DE LA MANIJA DE AJUSTE

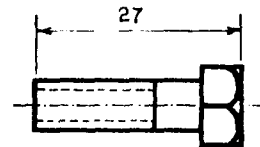


ARANDELA

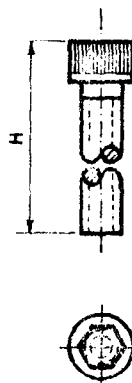
ASA DE LA MANIJA DE AJUSTE



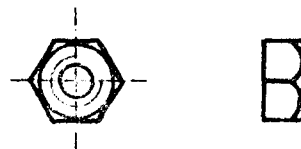
TORNILLO W 1/4"



TORNILLO ALLEN W 3/16"



TUERCA W 1/4"



1 1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CONTIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

R. H. H.

7/80

E GUEVARA

34	1	GAE 001	BRAZO DE LA MANIJA DE AJUSTE	NIQUELADO
35	1	GAE 001	ASA DE LA MANIJA DE AJUSTE	NIQUELADO
36	10	GAE 001	ARANDELA	NIQUELADO
37	2	GAE 001	TORNILLO W 1/4"	NIQUELADO
38	6	GAE 001	TUERCA W 1/4"	NIQUELADO
39	24	GAE 001	TORNILLO ALLEN W 3/16 H=18 mm	NIQUELADO
	3	GAE 001	TORNILLO ALLEN W 3/16 H=30 mm	NIQUELADO
	12	GAE 001	TORNILLO ALLEN W 3/16 H=16 mm	NIQUELADO
	2	GAE 001	TORNILLO ALLEN W 3/16 H=15 mm	NIQUELADO
	10	GAE 001	TORNILLO ALLEN W 3/16 H=12 mm	NIQUELADO

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEDOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-

TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

[Signature]

7/80

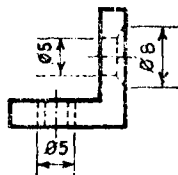
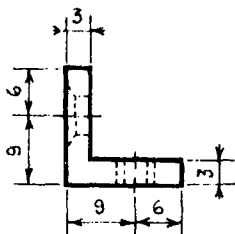
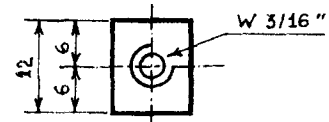
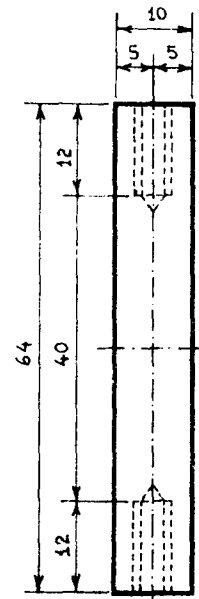
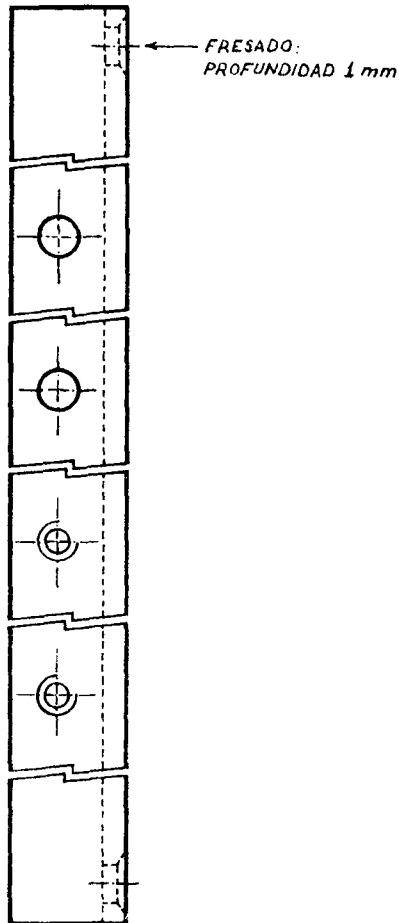
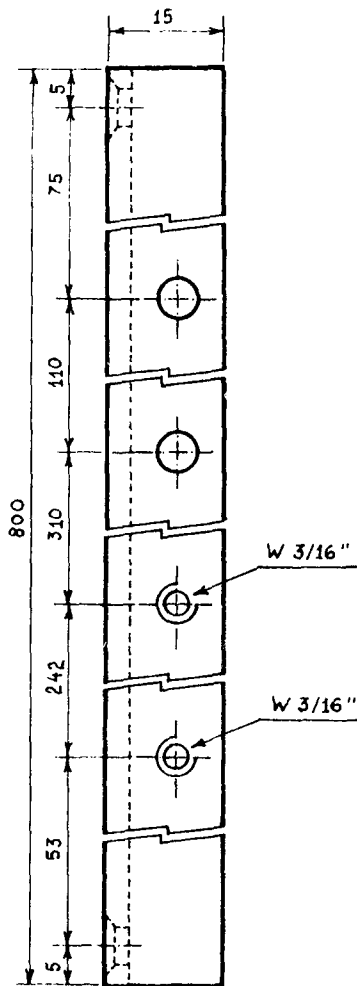
EGUEVARA

A-4

ESCUADRA DE MONTAJE

ESCUADRA DE MONTAJE

PLANCHUELA DE MONTAJE



40	1	GAE 001	ESCUADRA DE MONTAJE	NIQUELADO
41	1	GAE 001	ESCUADRA DE MONTAJE	NIQUELADO
42	2	GAE 001	PLANCHUELA DE MONTAJE	NIQUELADO

1:1

SAE 1010

DIRECCION DE RADIOISOTOPOS Y RADIACIONES

GERENCIA DE APLICACIONES

DEPARTAMENTO DE APLICACIONES TECNOLOGICAS

ROMPEADOR DE AMPOLLAS DE CUARZO QUE CON-

TIENEN MERCURIO IRRADIADO

BALANCE DE MERCURIO

ROM 300

A-4