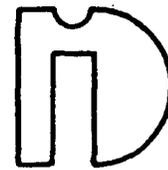


# irradiador móvil de cobalto 60 para desinfestar maíz

tesis que se presenta  
para obtener el título de  
licenciado en diseño industrial

jaime corona cortés



diseño industrial  
e.n.a. u.n.a.m.

1979

*1 ejemplar*

③



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Índice

## Página

---

7	INTRODUCCION.
11	CARACTERISTICAS DEL CONJUNTO DE BODEGAS SELECCIONADO.
21	CONCEPTOS BASICOS DE LA TECNOLOGIA DE IRRADIACION.
29	DESINFESTACION DE MAIZ POR IRRADIACION.
33	BASES PARA DISEÑO.
35	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.
43	CALCULOS.
	PRESENTACION DEL DISEÑO.
57	ANALISIS DE PRE-INVERSION.
65	CONCLUSIONES.

---

67	BIBLIOGRAFIA.
71	AGRADECIMIENTOS.

---

# introducción

Es por todos conocido que el alimento, como elemento nutritivo de todo ser viviente, es básico y que su obtención en cantidad suficiente es un problema cada vez más complejo por el alto índice de crecimiento demográfico.

El problema no solamente es debido a una producción insuficiente, sino que en muchos países, la distribución y el almacenamiento no son los adecuados. Un determinado porcentaje de los alimentos perecederos se pierde durante el almacenamiento por diversos motivos.

A través del tiempo se han ideado diversos procedimientos para preservar los comestibles, entre otros: secado, salado, ahumado, encurtido, envasado, refrigeración, congelación y agregado de conservadores químicos. En las últimas décadas se ha estudiado extensamente el uso de la irradiación para preservar los alimentos.

En particular, la conservación de granos alimenticios ha sido y será motivo de atención especial del hombre, debido a su importancia en la dieta y a la necesidad de almacenamiento por tiempos largos.

Actualmente, la producción de granos en México no logra satisfacer la demanda interna, haciéndose necesario la importación periódicamente. Además se tienen pérdidas en el almacenamiento por el ataque de plagas, contaminación y manipulación.

Desde 1972 un grupo de investigadores ha estudiado la irradiación de maíz con el propósito de evaluar el uso de esta nueva tecnología en la conservación del

grano almacenado en las diferentes condiciones existentes en México. El proyecto ha sido realizado conjuntamente por personal del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México y del Programa de Tecnología del Instituto Nacional de Energía Nuclear, contando con la asistencia de Almacenes Nacionales de Depósito, S.A. y con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los resultados de estos estudios, a escala laboratorio, han demostrado que la irradiación permite eliminar la infestación debida a las especies principales de insectos que atacan el maíz almacenado, sin perjudicar las características nutritivas y bromatológicas del grano.

El uso potencial de la tecnología de irradiación para la conservación de maíz almacenado en México a mayor escala dependerá de la solución de diversos aspectos relacionados con su aplicación a las condiciones actuales en que se almacena el grano.

Parte del grano que se produce en México se almacena en bodegas de mediana capacidad, como por ejemplo el sistema que el Gobierno Federal opera, por medio de Bodegas Rurales CONASUPO, S.A., empresa de participación estatal, dependiente de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares, S.A.

Con el propósito de analizar la aplicación del método de irradiación en ese tipo de bodegas, se desarrolló este trabajo, que consiste en el diseño de un irradiador móvil de Cobalto 60 que puede utilizarse para tratar maíz en el sistema de bodegas ya existente.

En estas líneas hago testimonio de mi gratitud

al Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo y las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta tesis, dentro del proyecto de Desinfestación de Maíz por Irradiación.

al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la ayuda económica brindada para el desarrollo del proyecto.

# características del conjunto de bodegas seleccionado

La empresa Bodegas Rurales CONASUPO, S.A. (BORUCONSA) cuenta con 134 centros de almacenamiento en el Estado de México. Cada centro tiene una o varias bodegas, con una capacidad promedio de 500 ton cada una. En total son 288 bodegas. Dichos centros se encuentran distribuidos en las zonas afluentes de producción y en la actualidad, 114 de ellos se encuentran en operación.

En la Tabla 1 y el mapa anexo se presenta la ubicación de los centros, así como otros datos de interés.

Para conocer las características de las bodegas y necesidades, en cuanto a almacenamiento y conservación del maíz, se obtuvo información de los jefes de zona y de otros funcionarios de BORUCONSA, así como por medio de los encargados de 21 centros de almacenamiento que se visitaron.

Parte de la información fue obtenida por la respuesta a un cuestionario preparado con la colaboración de la empresa.

Entre la información más importante, se tiene la siguiente.

## Bodegas

Las bodegas de este conjunto están construidas a base de muros de piedra, piso de cemento, techo de lámina de asbesto y puertas de metal, formando así un espacio para almacenamiento del grano, como la muestran las fotografías 1, 2, 3 y 4.

Por orden de importancia los diferentes tipos de maíz que se almacenan

son: pinto, blanco duro y amarillo duro. El período de siembra en la región es aproximadamente del 20 de Febrero al 15 de Mayo. En la cosecha de invierno (1976-1977), la producción total de maíz en el Estado de México se estimó en 627,900 ton, de las cuales BORUCONSA almacenó 102,791 ton.

Todo el maíz se almacena en costales de fibra de henequén de 75 a 80 Kg.

Después de haber levantado la cosecha de maíz, el campesino, la trasladada a su propia casa, en donde tiene normalmente un lugar para colocar las mazorcas a la intemperie para secarlas. Después que se han secado, comienza a desgranar y a encostalar para poder trasladarlo a la bodega más cercana. Este traslado lo realizan por diferentes medios de transporte, que por orden de importancia son:

- camión de carga con capacidad de 12 a 18 ton.
- carreta
- equinos
- a hombro.

Al llegar a la bodega procede a la recepción, que consiste en 3 fases: inspección, pesaje y estibamiento.

El encargado de la bodega (Analista-Almacenista) revisa si el maíz tiene impurezas y mide el porcentaje de humedad.

Después se pesa en básculas de 200 Kg de capacidad, (en los centros donde se recibe volúmenes de 2,000 ton en adelante, existen básculas de 40 ton.).

Finalmente, los costales van siendo colocados por los estibadores dentro de las bodegas.

la tecnología de irradiación que servirán de base para el diseño del irradiador móvil que se propone para su aplicación en el conjunto.

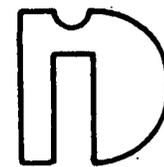
CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E D A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
3 La Loma	69	-	69	-
22 San Juan de los Jarros	1,310	248	1,062	-
23 San Lorenzo Tlacotepec	691	-	691	-
24 Tecuac	1,432	148	1,284	-
Aculco	570	297	220	53
7 La Concepción	553	511	42	-
San Miguel Tenoxtitlán	6,083	189	5,894	-
Santiago Casandeje	855	177	678	-
71 Santiago Oxtempan	32	32	-	-
72 Tapazco	92	51	28	13
76 San Felipe del Progreso	2,864	-	2,864	-
87 Temascalcingo de José Ma. Velazco	2,430	2,200	230	-
103 Timilpan	1,340	249	1,091	-
104 El Palmito	389	-	389	-
105 Santiaguito Maxda	156	55	101	-
La Trinidad (LF)	-	-	-	-
4 La Soledad	-	-	-	-
112 San Jerónimo	-	-	-	-
<b>TOTAL ZONA "C"</b>	<b>10,482</b>	<b>5,935</b>	<b>585</b>	<b>3,962</b>
Almoloya del Río	129	93	-	36
27 Calimaya de Diaz González	980	668	-	312
29 Col. Hidalgo (Los Jacales)	26	26	-	-
33 Chapultepec	1,026	1,010	-	16
28 Calpulhuac de Mirafuentes	48	14	-	34
55 Joquicingo	447	153	294	-
56 Techuchulco	262	252	-	10
59 San Mateo Atarasquillo	82	75	-	7
61 Metepec	103	82	-	21
62 Mexicaltzingo	994	607	-	387
70 San Juan Atzingo	93	34	-	59

CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E D A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
<b>TOTAL ZONA "E"</b>	<b>2,917</b>	<b>725</b>	<b>25</b>	<b>2,167</b>
25 San Juan Tehuextitlán	134	-	-	134
26 Ayapango	1,174	-	-	1,174
30 San Martín Cuautlalpan	525	-	-	525
34 San Vicente Chicoloapan	711	711	-	-
58 San Matías Cuijingo	90	-	-	90
94 Nepantla de S.J. Ines de la Cruz	195	-	-	195
97 Tequisquiác	13	-	-	13
121 Boca NEGRA	14	14	-	-
122 San Bartolo Cuautlalpan	61	-	25	36
37 Hueyxpoxtla	-	-	-	-
57 Juchitepec de M. Riva Palacio	-	-	-	-
93 Teotihuacán de Arista	-	-	-	-
99 San Simón Texoapa	-	-	-	-
<b>TOTAL ZONA "F"</b>	<b>4,961</b>	<b>2,343</b>	<b>83</b>	<b>2,535</b>
17 Amanalco de Becerra	468	313	-	155
19 El Potrero	2,222	100	83	2,039
20 Palmar Chico	487	487	-	-
35 San Antonio Hidalgo	141	-	-	141
36 San Fco. Mihualtepec	56	-	-	56
106 Nuevo Naranjo	49	49	-	-
84 Bejucos	321	321	-	-
86 El Progreso	160	80	-	80
85 Rincón del Carmen	100	36	-	64
107 San Pedro Limón	957	957	-	-
La Comunidad	-	-	-	-
89 San Fco. Oxotilpan	-	-	-	-
10 Almoloya de Alquiciras	-	-	-	-
18 Agua Bendita	-	-	-	-

# irradiador móvil de cobalto 60 para desinfectar maíz

jaimé corona cortés

tesis que se presenta  
para obtener el título de  
licenciado en diseño industrial



diseño industrial  
e.n.a. u.n.a.m.

1979

4 ejemplar  
③

## Página

---

7	INTRODUCCION.
11	CARACTERISTICAS DEL CONJUNTO DE BODEGAS SELECCIONADO.
21	CONCEPTOS BASICOS DE LA TECNOLOGIA DE IRRADIACION.
29	DESINFESTACION DE MAIZ POR IRRADIACION.
33	BASES PARA DISEÑO.
35	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.
43	CALCULOS.
	PRESENTACION DEL DISEÑO.
57	ANALISIS DE PRE-INVERSION.
65	CONCLUSIONES.

---

67	BIBLIOGRAFIA.
71	AGRADECIMIENTOS.

---

Es por todos conocido que el alimento, como elemento nutritivo de todo ser viviente, es básico y que su obtención en cantidad suficiente es un problema cada vez más complejo por el alto índice de crecimiento demográfico.

El problema no solamente es debido a una producción insuficiente, sino que en muchos países, la distribución y el almacenamiento no son los adecuados. Un determinado porcentaje de los alimentos perecederos se pierde durante el almacenamiento por diversos motivos.

A través del tiempo se han ideado diversos procedimientos para preservar los comestibles, entre otros: secado, salado, ahumado, encurtido, envasado, refrigeración, congelación y agregado de conservadores químicos. En las últimas décadas se ha estudiado extensamente el uso de la irradiación para preservar los alimentos.

En particular, la conservación de granos alimenticios ha sido y será motivo de atención especial del hombre, debido a su importancia en la dieta y a la necesidad de almacenamiento por tiempos largos.

Actualmente, la producción de granos en México no logra satisfacer la demanda interna, haciéndose necesario la importación periódicamente. Además se tienen pérdidas en el almacenamiento por el ataque de plagas, contaminación y manipulación.

Desde 1972 un grupo de investigadores ha estudiado la irradiación de maíz con el propósito de evaluar el uso de esta nueva tecnología en la conservación del

grano almacenado en las diferentes condiciones existentes en México. El proyecto ha sido realizado conjuntamente por personal del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México y del Programa de Tecnología del Instituto Nacional de Energía Nuclear, contando con la asistencia de Almacenes Nacionales de Depósito, S.A. y con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Los resultados de estos estudios, a escala laboratorio, han demostrado que la irradiación permite eliminar la infestación debida a las especies principales de insectos que atacan el maíz almacenado, sin perjudicar las características nutritivas y bromatológicas del grano.

El uso potencial de la tecnología de irradiación para la conservación de maíz almacenado en México a mayor escala dependerá de la solución de diversos aspectos relacionados con su aplicación a las condiciones actuales en que se almacena el grano.

Parte del grano que se produce en México se almacena en bodegas de mediana capacidad, como por ejemplo el sistema que el Gobierno Federal opera, por medio de Bodegas Rurales CONASUPO, S.A., empresa de participación estatal, dependiente de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares, S.A.

Con el propósito de analizar la aplicación del método de irradiación en ese tipo de bodegas, se desarrolló este trabajo, que consiste en el diseño de un irradiador móvil de Cobalto 60 que puede utilizarse para tratar maíz en el sistema de bodegas ya existente.

Para el estudio se seleccionó un conjunto de bodegas en el Estado de México, pertenecientes a Bodegas Rurales -- CONASUPO, S.A.

Por tratarse de un tema de caracter interdisciplinario el contenido de la tesis se presenta en la forma siguiente: primero, se describe el conjunto de bodegas seleccionadas, sus características, y los problemas y necesidades en cuanto al almacenamiento y conservación del maíz. Enseguida, se explican los conceptos básicos de la tecnología de irradiación, principalmente los aspectos relacionados al uso del Cobalto 60.

En tercer término se hace una síntesis de los estudios ya realizados en México sobre la desinfestación de maíz por irradiación.

Del análisis de los tres temas anteriores se obtienen las bases que permiten el diseño adecuado del irradiador móvil. Dichas bases se incluyen en el Capítulo 4.

Finalmente se presenta el diseño del irradiador, con los diagramas, explicaciones, etc. necesarios para su evaluación, además de los aspectos económicos.

En estas líneas hago testimonio de mi gratitud

al Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo y las facilidades otorgadas para el desarrollo de esta tesis, dentro del proyecto de Desinfestación de Maíz por Irradiación.

al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la ayuda económica brindada para el desarrollo del proyecto.

# características del conjunto de bodegas seleccionado

La empresa Bodegas Rurales CONASUPO, S.A. (BORUCONSA) cuenta con 134 centros de almacenamiento en el Estado de México. Cada centro tiene una o varias bodegas, con una capacidad promedio de 500 ton cada una. En total son 288 bodegas. Dichos centros se encuentran distribuidos en las zonas afluentes de producción y en la actualidad, 114 de ellos se encuentran en operación.

En la Tabla 1 y el mapa anexo se presenta la ubicación de los centros, así como otros datos de interés.

Para conocer las características de las bodegas y necesidades, en cuanto a almacenamiento y conservación del maíz, se obtuvo información de los jefes de zona y de otros funcionarios de BORUCONSA, así como por medio de los encargados de 21 centros de almacenamiento que se visitaron.

Parte de la información fue obtenida por la respuesta a un cuestionario preparado con la colaboración de la empresa.

Entre la información más importante, se tiene la siguiente.

## Bodegas

Las bodegas de este conjunto están construidas a base de muros de piedra, piso de cemento, techo de lámina de asbesto y puertas de metal, formando así un espacio para almacenamiento del grano, como la muestran las fotografías 1, 2, 3 y 4.

Por orden de importancia los diferentes tipos de maíz que se almacenan

son: pinto, blanco duro y amarillo duro. El período de siembra en la región es aproximadamente del 20 de Febrero al 15 de Mayo. En la cosecha de invierno (1976-1977), la producción total de maíz en el Estado de México se estimó en 627,900 ton, de las cuales BORUCONSA almacena 102,791 ton.

Todo el maíz se almacena en costales de fibra de henequén de 75 a 80 Kg.

Después de haber levantado la cosecha de maíz, el campesino, la traslada a su propia casa, en donde tiene normalmente un lugar para colocar las mazorcas a la intemperie para secarlas. Después que se han secado, comienza a desgranar y a encostalar para poder trasladarlo a la bodega más cercana. Este traslado lo realizan por diferentes medios de transporte, que por orden de importancia son:

- camión de carga con capacidad de 12 a 18 ton.
- carreta
- equinos
- a hombro.

Al llegar a la bodega procede a la recepción, que consiste en 3 fases: inspección, pesaje y estibamiento.

El encargado de la bodega (Analista-Almacenista) revisa si el maíz tiene impurezas y mide el porcentaje de humedad.

Después se pesa en básculas de 200 Kg de capacidad, (en los centros donde se recibe volúmenes de 2,000 ton en adelante, existen básculas de 40 ton.).

Finalmente, los costales van siendo colocados por los estibadores dentro de las bodegas.

Después de un cierto tiempo el maíz es comercializado, vendiéndose directamente en las bodegas o transfiriéndose a otras centrales o lugares de consumo.

### Almacenamiento y conservación

Algunos problemas de conservación son debidos a que en la recepción, el grano viene mezclado con mucha basura, rastrojo, tamo y otros; también contiene grano picado o quebrado y alto contenido de humedad.

Después de haber sido estibado el maíz en la bodega, éste permanece almacenado durante un período promedio de 7 a 8 meses, durante el cual se inspecciona cada mes y en su caso se le dan las dosis de insecticidas adecuadas. Debido a las condiciones climáticas y biológicas en donde se localizan algunos centros de almacenamiento, la inspección y la fumigación es necesario realizarlas cada 15 días.

El primer tratamiento se hace hasta que se ha llenado la bodega a su capacidad. En los casos en donde la recepción se realizó muy despacio, o se recibió poco maíz, la primera fumigación se hace con el 20% de capacidad.

Los insecticidas que se utilizan son: malation y fosfuro de aluminio.

El malation, marca Baygon es de presentación líquida y su aplicación es por aspersión. Se utilizan 190 litros por bodega de una solución (1:19) en agua.

El fosfuro, marca Fostoxin, viene en pastillas las cuales al momento

de hacer contacto con el oxígeno del medio ambiente desprenden gases venenosos que matan a los insectos. Para su aplicación se coloca una lona de polietileno sobre los costales de maíz, de manera de aprovechar al máximo los gases emanados de la pastilla.

La dosis utilizada es de 3 pastillas por ton durante un tiempo de exposición de 72 horas. En caso de existir una infestación severa la dosis es de 4 a 5 pastillas por ton. en tiempos más cortos.

Para llevar un control en la selección de fumigantes así como la selección de métodos de aplicación, existe un equipo de técnicos en conservación en BORUCONSA, los cuales realizan un recorrido de inspección por las bodegas, periódicamente y en los casos de infestación severa.

En el sistema de almacenamiento y conservación de BORUCONSA, no es necesario hacer inspección de contaminación por hongos o algún otro tipo de microorganismo por tener la seguridad de que para el maíz almacenado en el Estado de México, éste problema está resuelto por dos factores: la temperatura que se tiene en la zona y además por que se acepta el grano únicamente con un contenido de humedad hasta del 14%.

En general las bodegas y sus alrededores son aseados periódicamente, ya que la existencia de sobrantes de maíz de anteriores recepciones, costalera vieja y basura en general son focos de contaminación.

Descritas las características del conjunto de bodegas seleccionado, se procede a analizar algunos aspectos básicos de

la tecnología de irradiación que servirán de base para el diseño del irradiador móvil que se propone para su aplicación en el conjunto.

ESTADO DE MEXICO

RECEPCION POR CENTROS Y VARIETADES

MAIZ  
(período 77-78)

(pesos en toneladas)

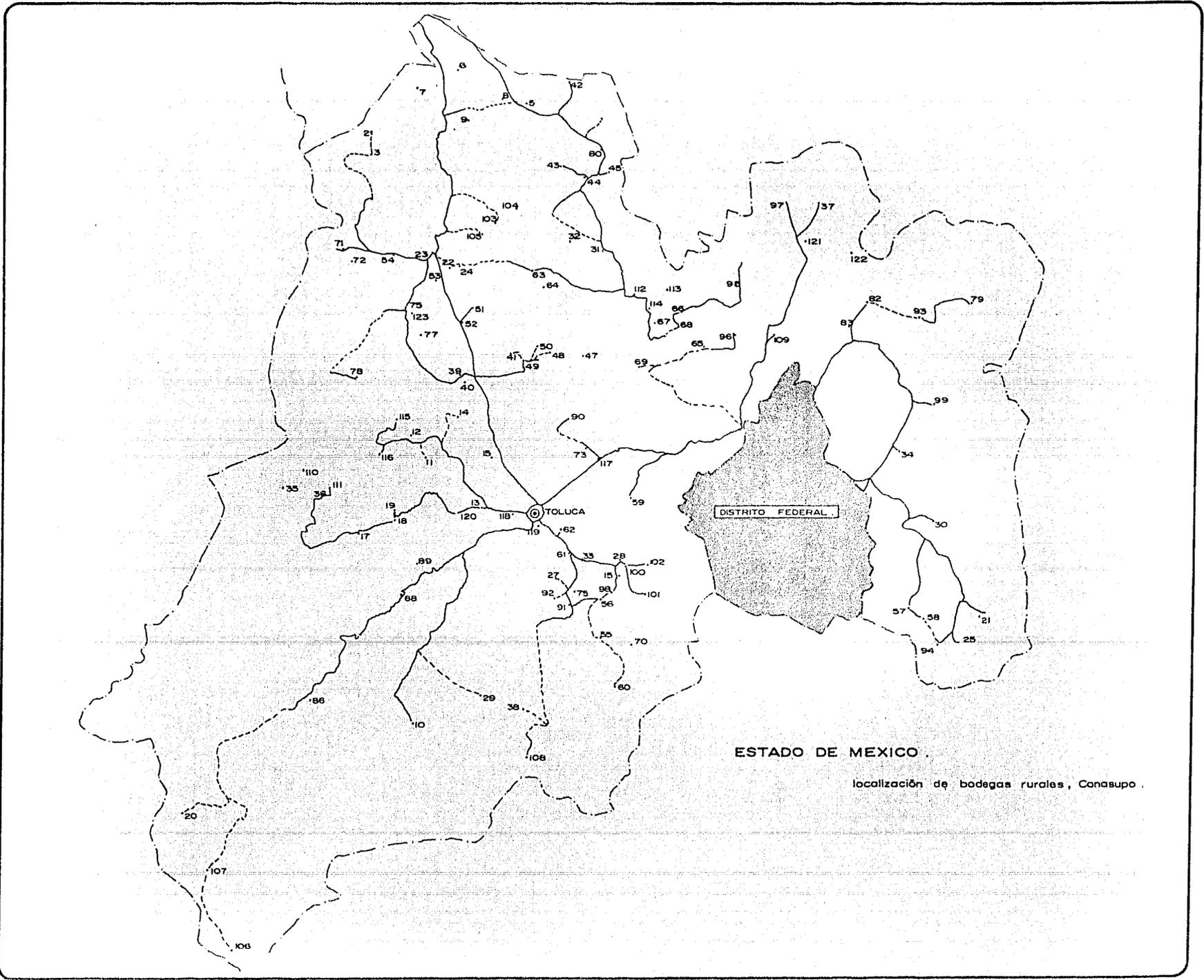
CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E T A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
<u>S U M A S :</u>	<u>102,791</u>	<u>25,738</u>	<u>59,292</u>	<u>17,761</u>
<u>TOTAL ZONA "A"</u>	<u>35,024</u>	<u>8,375</u>	<u>20,396</u>	<u>6,253</u>
39 San Ildefonso	2,511	736	1,760	15
40 San Jerónimo Ixtapantongo	2,648	75	2,573	-
41 Santa Ma. del Lano	2,220	114	795	1,311
47 Mañi	1,270	896	374	-
48 San Bartolo Oxotitlán	1,276	987	289	-
49 San José del Sitio	2,704	2,258	446	-
50 Loma de Malacota	3,379	118	3,261	-
51 San Juan y San Agustín Mábora	4,298	58	4,240	-
52 Los Reyes	1,421	95	1,322	4
63 San Bartolo Morelos	914	283	123	508
64 San Sebastián	539	261	278	-
73 Villa Cuauhtémoc	1,156	769	387	-
77 Emilio Portes Gil	4,221	-	-	4,221
78 Fab. La Concepción (Pueblo Nvo.)	1,621	-	1,621	-
90 Temoaya	3,398	1,649	1,692	57
117 Xonacatlán	239	76	26	137
Ex-Hda. San Onofre (LF)	1,209	-	1,209	-
123 Providencia	-	-	-	-
<u>TOTAL ZONA "B"</u>	<u>20,212</u>	<u>4,429</u>	<u>15,484</u>	<u>299</u>
1 Acambay	1,283	272	778	233
2 El Agostadero	63	-	63	-

CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E D A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
3 La Loma	69	-	69	-
22 San Juan de los Jarros	1,310	248	1,062	-
23 San Lorenzo Tlacotepec	691	-	691	-
24 Tecuac	1,432	148	1,284	-
Aculco	570	297	220	53
7 La Concepción	553	511	42	-
San Miguel Tenoxtitlán	6,083	189	5,894	-
Santiago Casandeje	855	177	678	-
71 Santiago Oxtempan	32	32	-	-
72 Tapazco	92	51	28	13
76 San Felipe del Progreso	2,864	-	2,864	-
87 Temascalcingo de José Ma. Velazco	2,430	2,200	230	-
103 Timilpan	1,340	249	1,091	-
104 El Palmito	389	-	389	-
106 Santiaguito Maxda	156	55	101	-
La Trinidad (LF)	-	-	-	-
4 La Soledad	-	-	-	-
112 San Jerónimo	-	-	-	-
<b>TOTAL ZONA "C"</b>	<b>10,482</b>	<b>5,935</b>	<b>585</b>	<b>3,962</b>
Almoloya del Río	129	93	-	36
27 Calimaya de Díaz González	980	668	-	312
29 Col. Hidalgo (Los Jacales)	26	26	-	-
33 Chapultepec	1,026	1,010	-	16
28 Calpulhuac de Mirafuentes	48	14	-	34
55 Joquicingo	447	153	294	-
56 Techuchulco	262	252	-	10
59 San Mateo Atarasquillo	82	75	-	7
61 Metepec	103	82	-	21
62 Mexicaltzingo	994	607	-	387
70 San Juan Atzingo	93	34	-	59

CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E D A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
75 Rayón	396	-	-	396
91 Tenango de Arista	4,578	2,261	94	2,123
92 San Francisco Putla	298	270	-	28
98 Texcalyacac	137	112	-	25
100 Tianguistenco de Galeana	207	46	123	38
101 Coatepec de las Bateas	675	131	74	470
102 Santiago Tilapa	1	1	-	-
108 Terrero	-	-	-	-
<b>TOTAL ZONA "D"</b>	<b>5,413</b>	<b>2,266</b>	<b>1,546</b>	<b>1,601</b>
5 Arroyo Zarco	954	-	2	952
6 Bañé	197	183	14	-
8 Encinillas	412	-	115	297
Chapa de Mota	181	166	15	-
32 Dongú	311	193	118	-
42 Acazuchitlán	82	79	-	3
43 Canalejas	1,331	551	780	-
44 Coscomate del Progreso	504	-	322	182
45 San Pablo Huantepec	208	88	120	-
66 San Francisco Magú	8	-	-	8
113 San Martín Cachi huapan	40	-	-	40
74 Polotitlán de la Ilustración	269	269	-	-
80 Sovaniquilpan	461	411	50	-
81 San Juan Daxthi	121	-	2	119
112 San Jerónimo Zacapexco	55	47	8	-
114 San Luis Anáhuac	279	279	-	-
38 San Alejo	-	-	-	-
67 San Juan Tablas	-	-	-	-
68 Sta. Magdalena Cahuacán	-	-	-	-
La Concepción	-	-	-	-

CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E D A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
<b>TOTAL ZONA "E"</b>	<b>2,917</b>	<b>725</b>	<b>25</b>	<b>2,167</b>
25 San Juan Tehuaxtlán	134	-	-	134
26 Ayapango	1,174	-	-	1,174
30 San Martín Cuautlalpan	525	-	-	525
34 San Vicente Chicoloapan	711	711	-	-
50 San Matías Cuijingo	90	-	-	90
94 Nepantla de S.J. Ines de la Cruz	195	-	-	195
97 Tequisquiác	13	-	-	13
121 Boca NEGRA	14	14	-	-
122 San Bartolo Cuautlalpan	61	-	25	36
37 Hueyxpoxtla	-	-	-	-
57 Juchitepec de M. Riva Palacio	-	-	-	-
93 Teotihuacán de Arista	-	-	-	-
99 San Simón Texoapa	-	-	-	-
<b>TOTAL ZONA "F"</b>	<b>4,961</b>	<b>2,343</b>	<b>83</b>	<b>2,535</b>
17 Amanalco de Becerra	468	313	-	155
19 El Potrero	2,222	100	83	2,039
20 Palmar Chico	487	487	-	-
35 San Antonio Hidalgo	141	-	-	141
36 San Fco. Mihualtepec	56	-	-	56
106 Nuevo Naranjo	49	49	-	-
84 Bejucos	321	321	-	-
86 El Progreso	160	80	-	80
85 Rincón del Carmen	100	36	-	64
107 San Pedro Limón	957	957	-	-
La Comunidad	-	-	-	-
89 San Fco. Oxotilpan	-	-	-	-
10 Almoloya de Alquiciras	-	-	-	-
18 Agua Bendita	-	-	-	-

CENTROS RECEPTORES	PESO BRUTO	V A R I E D A D E S		
		Blanco	Pinto	Mezclado
<u>TOTAL ZONA "G"</u>	<u>23,782</u>	<u>1,665</u>	<u>21,173</u>	<u>944</u>
Cieneguillas	5,710	9	5,701	-
01 Mextepec	271	-	271	-
San Fco. Tlalcilalcalpan	155	48	107	-
Loma de Salitre	1,439	-	1,438	-
Sta. Juan la. Sección	1,771	1,343	428	-
110 El Jacal	664	-	664	-
111 Sábana del Rosario	1,160	-	1,160	-
115 San Marcos de la Loma	232	-	232	-
116 Santiago del Monte	5,330	-	5,330	-
118 San Cristóbal Tecolí	259	-	259	-
119 Santa Cruz Cuautenco	72	21	22	59
120 Sta. Ma. del Monte o Magdalena	823	-	-	823
Ciénega de San Diego (LF)	2,428	-	2,428	-
Los Cedros	282	-	282	-
123 Providencia (LF)	3,186	244	2,851	91



ESTADO DE MEXICO .

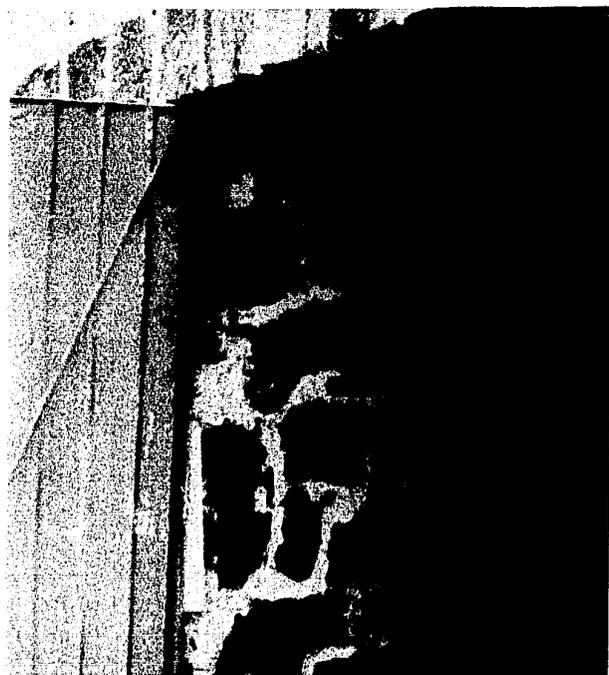
localización de bodegas rurales, Conasupo .



1



2



3



4

# conceptos básicos de la tecnología de irradiación

## Radiación

La radiación es energía en forma de fotones o partículas cargadas, producidos por la desintegración de átomos radiactivos o de manera artificial.

Un átomo radiactivo es aquel cuyo núcleo se desintegra de modo espontáneo, emitiendo radiación, que puede ser de tres tipos:

- radiación alfa (núcleos de Helio)
- radiación beta (electrones)
- radiación gamma (quantos electromagnéticos)

Existen sustancias radiactivas *naturales*, como el Uranio y el Radio, y sustancias radiactivas *artificiales*, logradas por el bombardeo de elementos estables, por medio de diversas partículas. A las sustancias radiactivas también se les denomina isótopos radiactivos.

## Características de la radiación

La radiación alfa tiene un poder de penetración muy bajo, se puede detener por una hoja ordinaria de papel o por algunos centímetros de aire.

La radiación beta es capaz de penetrar varios decímetros de aire y laminillas metálicas delgadas.

La radiación gamma logra penetrar hasta varias decenas de metros de aire o aproximadamente 30 cm de plomo.

Por su penetración, para la preservación de alimentos se utiliza principalmente la radiación gamma de algún isótopo

radiactivo, siendo el más común el Cobalto 60 y en segundo lugar el Cesio 137. Ambos isótopos radiactivos solamente se producen en pocos países que cuentan con reactores de potencia y las instalaciones apropiadas para su manejo.

La interacción de la radiación gamma con la materia se hace mediante los fenómenos llamados efecto fotoeléctrico, dispersión Compton y producción de pares, que se explican más adelante.

En un material irradiado por radiación gamma se producen cambios químicos, debido a que se generan electrones secundarios en el material y estos electrones producen moléculas excitadas, iones y radicales libres que inician reacciones químicas. El grado del cambio en el material irradiado depende de la dosis o energía absorbida.

Para medir la dosis, se utiliza principalmente la unidad denominada rad, que es la absorción de 100 ergios de energía por gramo del material.

La dosis suministrada depende de la clase de materia y del proceso en particular. Por ejemplo, si se desea prolongar la vida útil de ciertos alimentos en su almacenamiento una dosis de pasteurización sería de 200 a 500 Krad, pero si se desea lograr una esterilización completa para almacenamiento por más largo tiempo, la dosis tendrá que ser por ejemplo de 4 Mrad.

El Curie (Ci) es la medida de la actividad de una fuente radiactiva y es la emanación de energía que equivale a la radiación que produce 1 gramo de Radio en un segundo.

1 Ci =  $3700 \times 10^{10}$  desintegraciones/seg.

### Cobalto 60

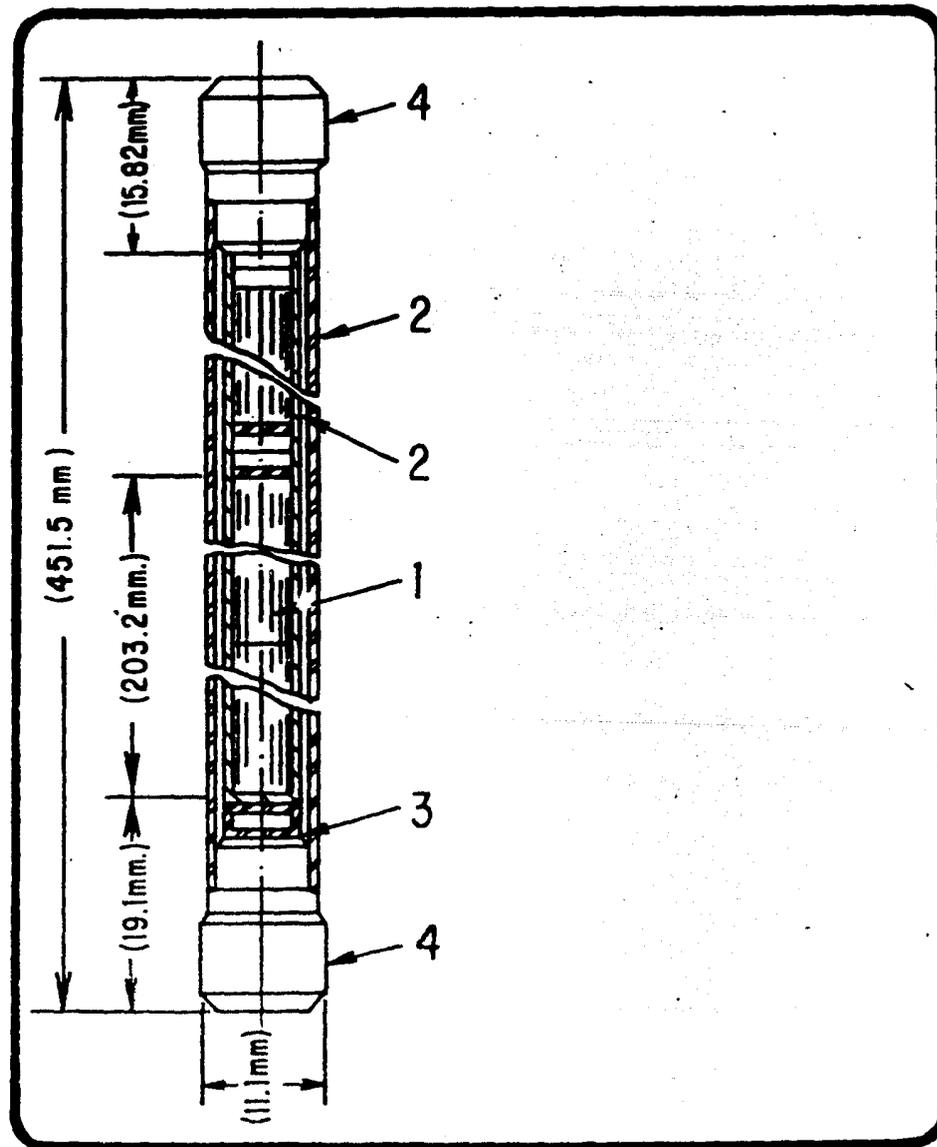
Como se explicó anteriormente, para propósitos comerciales el isótopo que mayor uso tiene es el Cobalto 60, cuya vida media es de 5.27 años.

El Cobalto 60 es producido por la reacción  $^{59}\text{Co}(n,\gamma)^{60}\text{Co}$  en un reactor nuclear. El Cobalto 59 es preparado en varias formas, dos de las más comunes son: pequeños cilindros de 1 mm de diámetro aproximadamente por 1 mm de altura, o bien en cilindros de 0.625 cm de diámetro por 2.5 cm de altura. Este material es irradiado con neutrones en el reactor nuclear transformándolo en Cobalto 60, o sea lo convierte en un isótopo radiactivo.

Por propósitos comerciales el Cobalto 60 es encapsulado en acero inoxidable.

Como se ve en la figura 2, hay varios pequeños cilindros de Cobalto doblemente encapsulados en acero inoxidable de tal modo que la "fuente" es un cilindro de 45 de largo y 0.96 cm de diámetro, con tapas acero inoxidable, soldadas a la doble pared. Este tipo de fuente contiene alrededor de 112 g de Cobalto 60 con una actividad de 30 Ci/g para dar un total de 3360 Ci.

Figura 2.- Esquema de una fuente comercial de Cobalto 60. (1) Cobalto 60; (2) cilindros de acero inoxidable, (3) separador de acero inoxidable y (4), tapas de acero inoxidable.



## Irradiadores

Para utilizar la radiación gamma del Cobalto 60 se requiere de un equipo denominado irradiador, cuyas componentes son:

- a) Fuente de radiación, o sea el Cobalto 60.
- b) Blindaje, que es la instalación de protección para usar la radiación en un área específica de trabajo.
- c) Sistema para llevar, exponer y sacar el producto a irradiar, generalmente son sistemas de funcionamiento electromecánico, operados dependiendo del tipo de fuente, tipo de producto a irradiar y condiciones del medio.
- d) Sistema de seguridad, que opera el irradiador manteniendo las áreas de control al mínimo nivel posible de radiación.

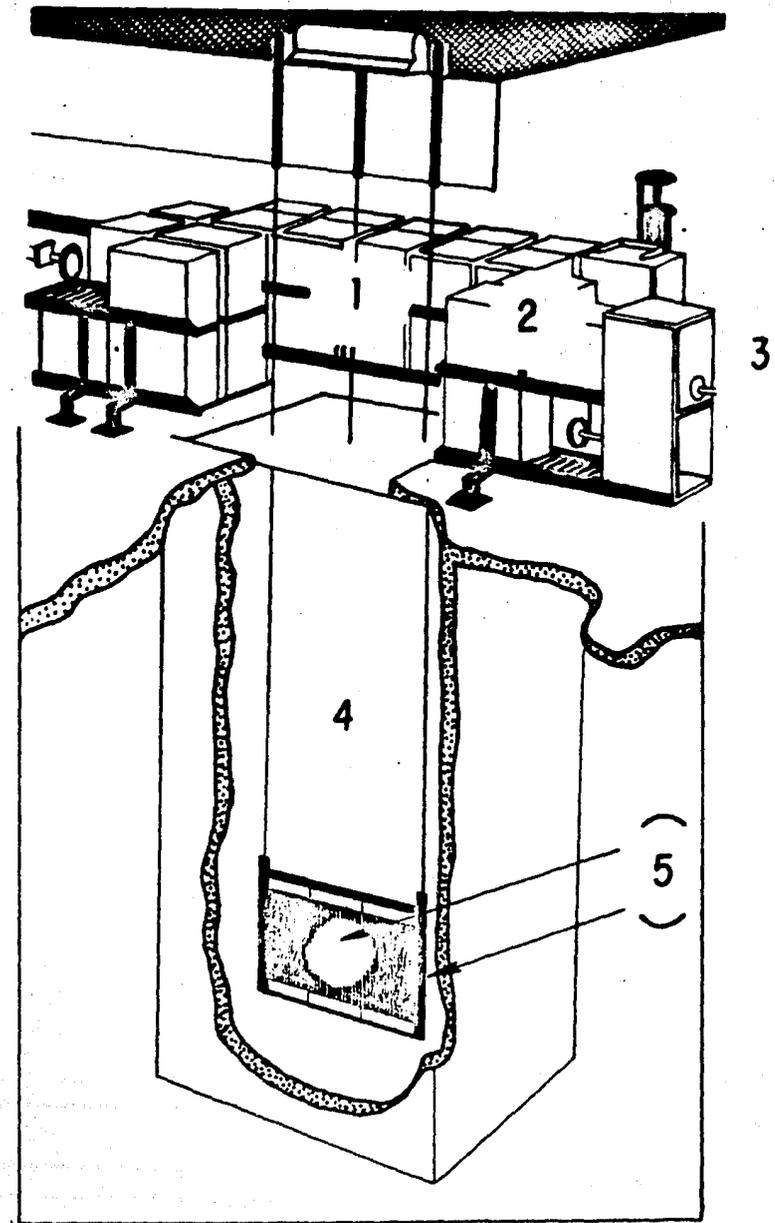
A continuación describiremos un tipo para ejemplificar las componentes de un irradiador.

### Irradiador JS-6500

Fabricado por la compañía Atomic Energy of Canada, Ltd., está diseñado para la esterilización con gammas del Cobalto 60 de productos desechables contenidos en cajas de varias dimensiones. Funciona automáticamente y puede esterilizar un volumen que depende de la dosis, densidad del producto, actividad total de las fuentes, etc.

Con ayuda de la figura 3 explicaremos su funcionamiento.

Figura 3.- Esquema del irradiador JS-6500 (1), posición del irradiador; (2) cajas con productos (3) acarreador; (4) piscina y (5) bastidor con las fuentes.



Las fuentes del  $^{60}\text{Co}$  (del tipo C-188) se encuentran en un bastidor, almacenadas en el fondo de una piscina de 5.5 m de profundidad que se localiza en el centro de la cámara de irradiación. El agua atenúa la intensidad de la radiación, de modo que el personal puede permanecer en la superficie sin peligro alguno. Este irradiador también tiene su propio blindaje, que son gruesas paredes de concreto, de manera que protege cualquier riesgo.

Las cajas con los productos a tratar son colocadas en dos niveles sobre un transportador que se localiza en la sección de carga. A una señal dada desde los controles, un par de cajas son empujadas al acarreador, el cual es accionado por el monorriel, que las lleva por el laberinto, hasta colocarlas frente a las fuentes. Este dispositivo tiene dos niveles y dos hileras de cada lado del bastidor de las fuentes, el cambio de una hilera a otra y de un nivel a otro es realizado mediante cilindros neumáticos y elevadores, de tal modo que el movimiento es intermitente, empujándose las cajas entre sí. (Ver la figura 4).

Cuando una caja ha tomado, todas las posiciones en las hileras y niveles,

vuelve a ser colocada en el acarreador que la lleva nuevamente al exterior.

Este funcionamiento permite que la dosis de radiación sea lo más uniforme posible en cualquier lugar de las cajas.

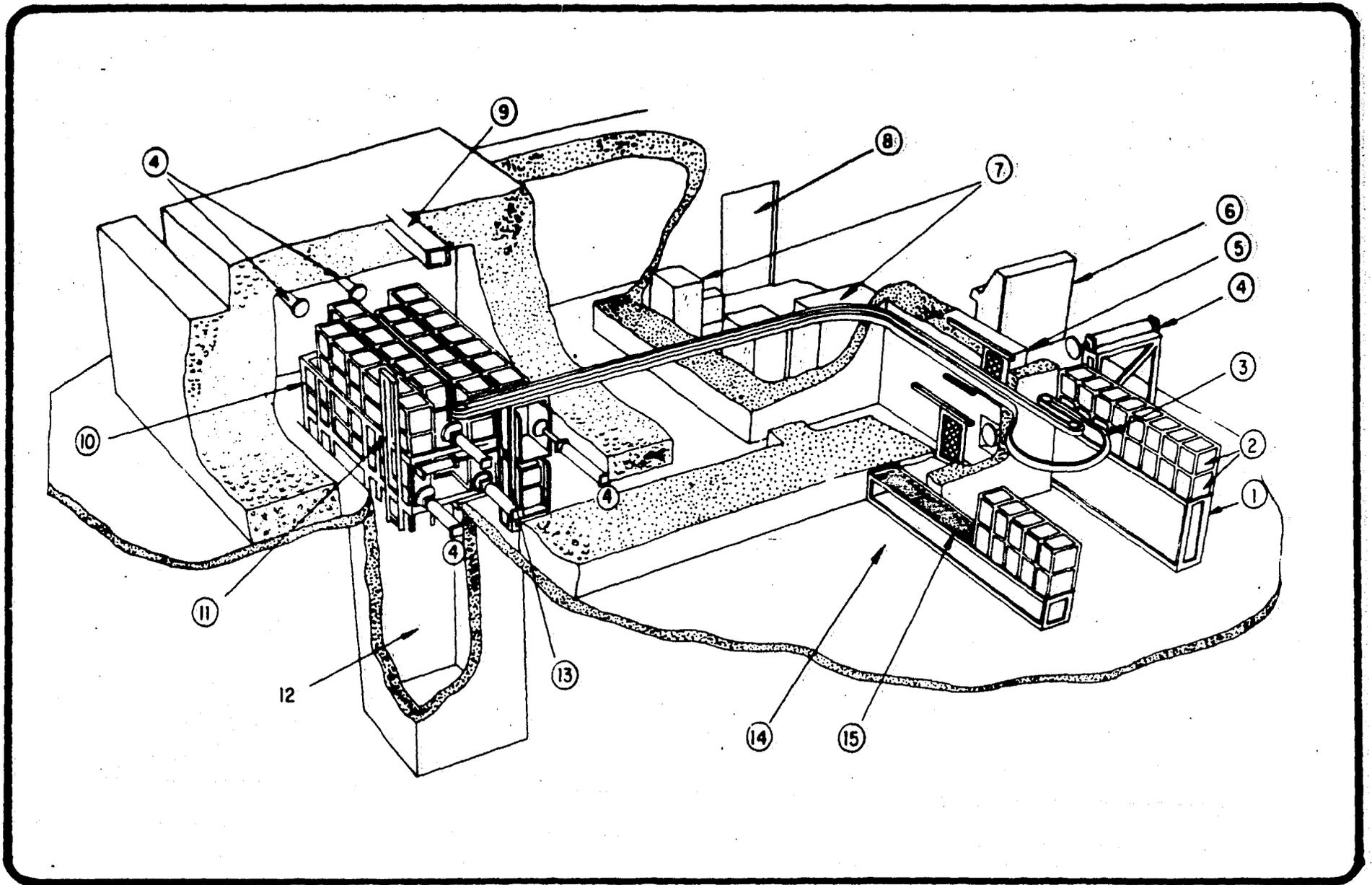
Existen diversos tipos de irradiadores para diversos usos. La compañía más importante en la fabricación de irradiadores de Cobalto 60 es la Atomic Energy of Canada Ltd., una empresa paraestatal, que fabrica equipos para esterilización de productos desechables, para tratamientos terapéuticos, para investigación, etc.

#### Interacción de la radiación gamma con la materia

Los efectos que se logran, al someter un material a la radiación son puramente químicos, los que se producen como consecuencia de la absorción de energía de la radiación.

Como ya hemos explicado anteriormente, la radiación gamma (quantos electromagnéticos) carece de carga y su penetración es grande, por lo tanto, los efectos logrados en la materia dependerán de la clase de material que se trate, de su densidad, es-

Figura 4.- Esquema de la instalación del irradiador JS-6500 de la Atomic Energy of Canada Ltd. El número 1, indica el transportador de entrada; 2, las cajas con los productos; 3, el monorriel; 4, los empujadores neumáticos; 5, la barrera automática de entrada; 6, la consola de control; 7, los equipos auxiliares; 8, la puerta de acceso al laberinto; 9, el riel para la grúa; 10, el sistema electromecánico para mover las cajas frente a las fuentes; 11, el elevador de cajas; 12, la piscina para el almacenamiento de las fuentes de Cobalto 60; 13, el acarreador; 14, el área de salida de productos y 15 el transportador de salida.



pesor y características químicas.

Estos aspectos nos determinarán el grado de absorción de energía que se tendrá.

Existen varios procesos de absorción de energía en los materiales, estos procesos son: efecto fotoeléctrico, efecto Compton, producción de pares, dispersión coherente y reacciones fotonucleares.

Los tres primeros procesos, son los más importantes, aunque la importancia relativa de cada proceso depende de la energía del fotón incidente y la naturaleza química del material a irradiar.

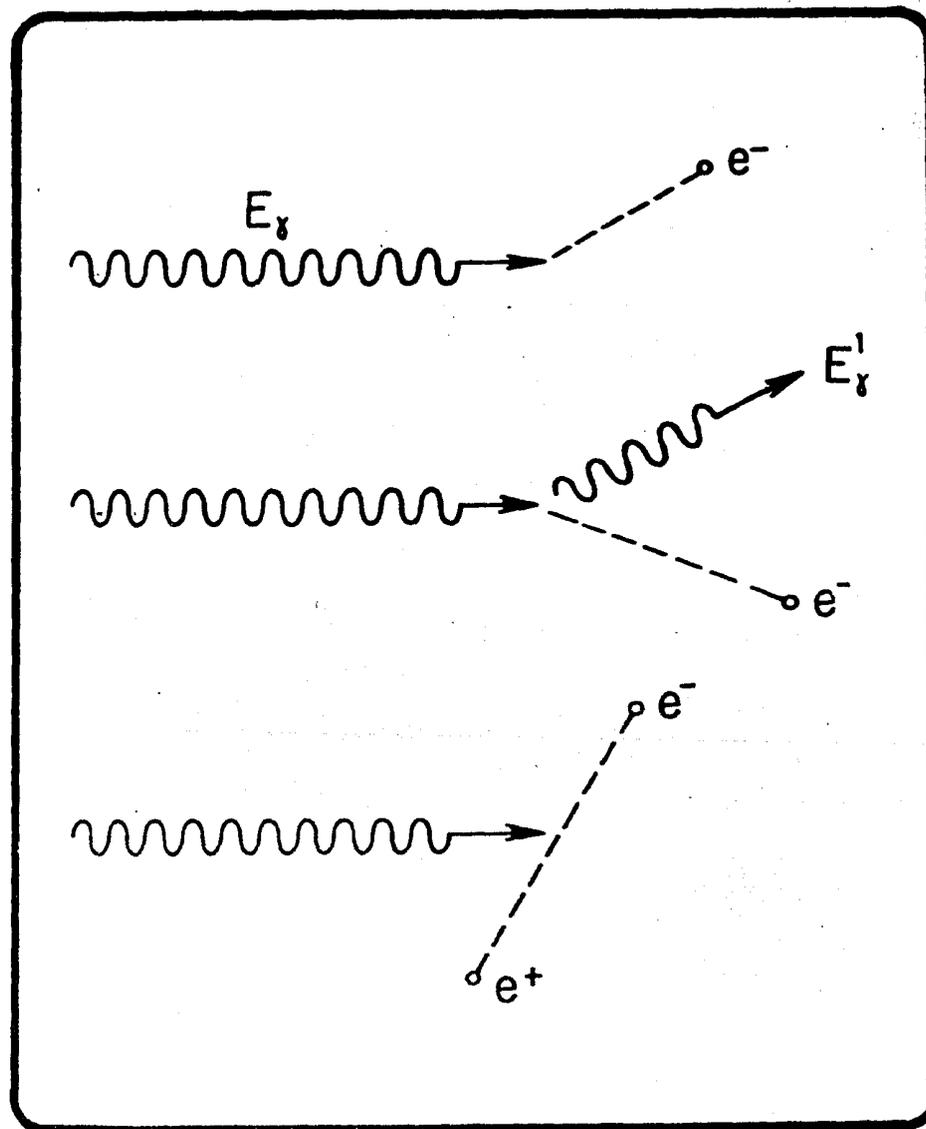
#### Efecto fotoeléctrico

Los fotones de baja energía interaccionan principalmente por absorción fotoeléctrica. En este tipo de interacción, la energía total del fotón es transferida a un solo electrón atómico, el cual es arrojado del átomo con una energía igual a la diferencia entre la energía del fotón incidente y la energía que mantiene al electrón unido a su átomo.

#### Efecto Compton

El efecto Compton consiste en la interacción de un fotón con un electrón atómico o libre, el cual adquiere cierta energía. La energía restante permite que el fotón siga adelante, pero con un cambio de dirección. (Ver figura 5).

Figura 5.- Procesos de interacción de la radiación gamma con la materia.



La interacción Compton predomina para energías de fotones entre 1 y 5 MeV, y en materiales de bajo número atómico.

### Producción de pares

La producción de pares consiste en que el fotón es completamente absorbido en el área externa del núcleo del átomo generándose dos partículas, electrón y positrón, cada una con energía  $m_0c^2$ .

Para el caso de la radiación gamma del Cobalto 60 la principal interacción es por efecto Compton, debido a que tiene energías de 1.1 y 1.3 MeV, o sea un promedio de 1.25 MeV.

### Dosimetría

Además del rad, recientemente se ha empezado a utilizar el Gray (Gy) que equivale a 100 rad.

Se usa también la unidad eV/g o eV/cm<sup>3</sup>. Sus equivalencias son:

$$1 \text{ rad} = 6.24 \times 10^{13} \text{ eV/g}$$

$$1 \text{ rad} = 6.24 \times 10^{13} \times \rho \text{ eV/cm}^3$$

donde  $\rho$  es la densidad del material, en g/cm<sup>3</sup>.

Hemos visto hasta ahora la forma como medimos la absorción de radiación de un cierto material, que ha sido expuesto, pero también es importante considerar la cantidad de radiación a que será expuesto o sea la dosis de exposición.

La unidad de la dosis de

exposición es el Roentgen (R) definido como la emisión corpuscular asociada en la producción de iones, tanto positivos como negativos, llevando una cantidad total de electricidad igual a una unidad electrostática de carga en -- 0.001293 g de aire 0°C.

Para conocer los efectos deseados en un sistema expuesto a la radiación ionizante es importante conocer la dosis necesaria y correlacionar los cambios químicos y físicos obtenidos. Para esto, existen varios métodos de dosimetría, unos de carácter primario y otros secundarios.

Los métodos primarios, también llamados absolutos, emplean cámaras de ionización, calorímetros, etc., que determinan la energía absorbida, pero poco prácticos en las aplicaciones porque están restringidos a sistemas de naturaleza y geometría muy especiales; por ejemplo, si queremos irradiar sólidos y queremos usar un dosímetro como la cámara de ionización, es necesario que tanto el sistema como el dosímetro sean equivalentes respecto a la radiación y que tengan la misma geometría y diseño.

En la dosimetría por medio de métodos secundarios, también llamada relativa se emplean sistemas químicos y físicos. En particular los sistemas químicos se han desarrollado con resultados satisfactorios.

Un dosímetro químico funciona de la siguiente manera: la cantidad de energía absorbida de la radiación produce un cambio químico en el material, en el cual puede medirse con precisión.

Para seleccionar el dosímetro

más indicado, tomaremos en cuenta los factores como:

- a) Tipo de radiación, dosis, razón de dosis y transferencia lineal de energía.
- b) Características físicas del material a irradiar, como: líquido, sólido, gas, volumen, masa, etc.
- c) El sistema que se tenga para la operación como: condiciones exteriores del material a irradiar, recipientes, empaques, etc.

Para la aplicación de un dosímetro químico se necesita que la muestra y el dosímetro se irradien bajo las mismas condiciones y en el mismo diseño de irradiación.

Para determinar cual fue la dosis absorbida por la muestra, se hace por la relación:

$$D_s = AD_d \quad (1)$$

donde

$D_s$  = Dosis para la muestra

$A$  = Factor de conversión entre dosímetro y muestra

$D_d$  = Dosis para el dosímetro.

Para calcular  $A$  se requiere conocer: tipo y energía de radiación y la composición de los sistemas dosímetro y muestra.

Para el caso particular de emplear radiación gamma del Cobalto 60 y materiales de número atómico bajo el factor  $A$ , tiene el valor de:

$$\frac{\overline{(Z/A)}_s}{\overline{(Z/A)}_d} \quad (2)$$

donde  $\overline{(Z/A)}_s$  y  $\overline{(Z/A)}_d$  son los promedios de las fracciones electrónicas del material y dosímetro respectivamente.

### Atenuación de la radiación gamma

Como resultado de la interacción con la materia, cuando un haz de radiación gamma atraviesa un material de grosor  $X$ , pierde intensidad y la resultante está dada por la expresión siguiente:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (3)$$

donde  $I_0$  es la intensidad, antes de atravesar el material y  $\mu$  es el coeficiente lineal de absorción, que mide la probabilidad de que ocurra la interacción en un material determinado, y se expresa en  $\text{cm}^{-1}$ .

Los valores de  $\mu$  aparecen en Tablas en los manuales principales del campo de la Física de Radiaciones.

La expresión 3 se emplea cuando se considera un haz delgado de radiación. Para haces no delgados, se usa otra, a saber:

$$I = B I_0 e^{-\mu x} \quad (4)$$

en donde el factor  $B$ , denominado factor de incremento mide la contribución, en el punto de detección de la intensidad, de la radiación dispersada en el material,

# desinfestación de maíz por irradiación

## Síntesis de los estudios realizados en México

Los cereales y sus derivados, constituyen una fuente de alimentación básica en todo el mundo y si nos referimos específicamente a México sabemos que el maíz constituye la fuente primaria de nuestra alimentación.

Actualmente para lograr la conservación del grano almacenado se usan sustancias químicas.

La constante evolución en la tecnología de alimentos ha permitido conocer que se afrontan ciertos problemas:

- a) El uso excesivo de plaguicidas deja residuos nocivos para la salud.
- b) Por las condiciones actuales de la industria petroquímica, debido a los aumentos considerables en los costos de producción y materia prima, el costo de los plaguicidas tiende a incrementarse.
- c) Las características biológicas de los insectos les ha permitido desarrollar resistencia a los plaguicidas, lo que ha hecho necesario aumentar la dosis de desinfestación y tratar de encontrar nuevos sistemas para proteger la conservación de los granos.

La desinfestación de maíz por irradiación es una nueva tecnología que se ha desarrollado en algunos países y no sólo es aplicable al maíz sino también a otro tipo de granos y comestibles como frutas, carnes, pescado, etc. en donde su aplicación extermina los microorganismos matándolos, disminuyendo su metabolismo o su ritmo de crecimiento.

Para la desinfestación del grano existen dos formas de aplicar la irradiación:

- con electrones en el intervalo de 1 a 3 MeV
- con radiación gamma del Cobalto 60.

La selección de la forma de aplicación más conveniente depende de varios factores, entre ellos:

- a) el volumen total y la distribución del volumen por desinfestar.
- b) los requerimientos del sistema de almacenamiento establecidos.
- c) la localización de la planta de desinfestación por irradiación.
- d) las perspectivas de uso de la planta de desinfestación por irradiación para varios granos.

Dadas estas condiciones y los sistemas de almacenamiento del maíz que existen en nuestro país, que son: los grandes almacenes de depósito, donde tienen silos con capacidades de decenas de miles de toneladas, y por otra parte las bodegas rurales con capacidad de cientos de toneladas que se encuentran localizadas en todo el país, se puede establecer claramente el medio más adecuado para lograr la desinfestación de maíz por medio de irradiación en México.

En el almacenamiento de grano en costales el medio adecuado que puede emplearse es la radiación gamma del Cobalto 60, pues los electrones de 1 a 3 MeV tienen poca penetración. Si el sistema de almacenar está distribuido en varias bodegas con poca capaci-

dad, lo más adecuado sería un irradiador móvil de Cobalto 60.

Varios países como la Unión Soviética desde 1959; Estados Unidos (1963), Canadá (1969) y otros han aprobado para consumo humano el grano y sus derivados desinfestados por irradiación.

En México se han realizado estudios a escala laboratorio con muestras de maíz provenientes de varios almacenes, obteniendo resultados, de los cuales podemos mencionar los siguientes:

Adem y Reyes (1) irradiaron maíz blanco ancho, procedente del Silo 31 Norte de la Unidad Silos Miguel Alemán, -- A.N.D.S.A. en Tlalnepantla. Las irradiaciones se realizaron con radiación gamma del Cobalto 60 a dosis en el intervalo de 10 a 3000 KR. La muestra testigo, después de 27 días de almacenamiento presentaba una infestación de 2 insectos por Kg; a los 37 días, de 4 insectos por Kg y después de 47 días, una infestación severa. A los 100 días la presencia de hongos (*Aspergillus penicillium*), perdiendo sus cualidades. En cambio la muestra irradiada desde la dosis de 10 KR, no presentó desarrollo de la infestación y fue conservada durante 5 meses sin perder sus cualidades.

Para determinar la dosis óptima de desinfestación, se realizó un estudio (2), utilizando una muestra infestada con *Prostephanus truncatus*, *Rhyzopertha dominica fabricus*, *Sitophilus orizae* L. y *granarius*, *Tribolium confusum* duval, *Sitotroga cerealella* o. y *Anagasta kuehniella* Z. Después de la irradiación con gammas del Cobalto 60 en el

intervalo de 1 a 5 KR, se observaron las muestras durante 7 meses. En las muestras irradiadas en el intervalo de 1 a 7 KR, a los 7 días posteriores a la irradiación, se observó movilidad de larvas, reduciéndose considerablemente a los 15 días; a los 50 días nuevamente movilidad y aparición de adultos.

En las muestras irradiadas entre 10 y 12 KR, se observó que en el mismo intervalo sólo algunas de las palomillas sobrevivieron y el estado larvario disminuyó considerablemente.

En el intervalo de 15 a 50 KR, se observó sólo algunas larvas vivas y después de los 17 KR, no se encontró ninguna forma de vida y el maíz se encontraba en apariencia similar a la inicial. Una dosis de 25 KR se encontró como la óptima para las especies principales de insectos que atacan el maíz durante el almacenamiento.

Con el objeto de comprobar algunas características organolépticas del maíz irradiado a 25 KR, se hizo una prueba (3), preparando tortillas con una muestra irradiada y almacenada durante 6 meses. Las tortillas presentaron el mismo color que las habituales y un panel de 40 personas no notaron diferencia alguna en olor y sabor que las preparadas con maíz testigo.

También se evaluó cómo afecto la irradiación en la germinación del maíz, observando (4) que no hay diferencia en la energía germinativa de granos no irradiados e irradiados hasta 15 KR. El tamaño del brote disminuye a partir de los 20 KR, por lo que el maíz desinfestado por irradiación no puede ser

usado para siembra.

Con el objeto de evaluar el uso de electrones acelerados para la desinfestación de maíz a granel, se diseñó y construyó una planta piloto-laboratorio (5) usando como irradiador el acelerador Van de Graaff. Esta instalación permite el tratamiento de hasta 250 Kg/hr a dosis de 25 Krad.

Esta planta se usó para comparar el efecto de electrones y de radiación gamma en el tratamiento de maíz, encontrándose que la razón de dosis en el intervalo usado no afecta la desinfestación y que la efectividad es la misma para ambas irradiaciones, si se garantiza que en el tratamiento con electrones se irradiaba uniformemente a los granos (6).

Con el propósito de evaluar algunas características bromatológicas del maíz irradiado a 25 Krad, se realizaron estudios sobre el contenido de vitaminas, proteínas, etc., encontrándose que el contenido y calidad de los principales componentes no se altera.

# bases para diseño

Las condiciones actuales de los 114 Centros rurales de BORUCONSA en el Estado de México son las siguientes:

- a) El almacenamiento de maíz encostalado, se tiene en bodegas que protegen el maíz de la intemperie. El almacenamiento a la intemperie es necesario en algunas ocasiones por falta de capacidad.
- b) Para la conservación del maíz almacenado, se usan procedimientos que muestran que no se ha resuelto satisfactoriamente el problema de tener y mantener el grano completamente puro, libre de infestación y contaminación. Por ejemplo, de las 102,791 tons almacenadas en el ciclo 76/77, se tuvo una pérdida de 31,064 tons por infestación. En este ciclo, únicamente se fumigaron 43,333 tons, a un costo de \$ 5.20 por ton.

El párrafo anterior nos hace concluir de que es necesario un mejor método de tratamiento o conservación. El método ideal sería uno en el cual el maíz fuere tratado una sola vez, manteniéndolo posteriormente limpio y protegido de reinfestación.

Dicho método debe ser aplicable a las bodegas actuales, dada la inversión que ya se tiene y complementar los medios que actualmente se disponen en BORUCONSA.

Uno de los métodos podría ser el tratamiento de desinfestación por irradiación, tecnología, que ha sido empleada en otros países para frutas, granos, etc., siendo aceptado su uso, debido a los resultados satisfactorios obtenidos. Actualmente en México ya se han desarrollado estudios a escala labora-

torio, los cuales permiten tener en México, la experiencia necesaria para una aplicación a mayor escala.

Para llevarlo a cabo se tienen en cuenta las siguientes factores:

- a) Existen 114 centros de almacenamiento, distribuidos en todo el Estado de México. Un total de 288 bodegas de una capacidad promedio de 500 tons.
- b) Almacenan un promedio anual de 100,000 tons de maíz en costales de 75 a 80 Kg.
- c) El promedio de almacenamiento por centro es 900 tons.
- d) Existe una sola temporada anual de recepción que fluctúa entre Octubre a Febrero (110 días hábiles).
- e) El procedimiento de irradiar el maíz tendría que ser en este lapso de tiempo.
- f) Se tendría que irradiar 981 tons. por día mínimo, o sea 12,262 sacos.
- g) La dosis de desinfestación adecuada para eliminar las especies de insectos que atacan el grano almacenado es de 25 Krad.

Se propone un irradiador móvil de Cobalto 60 como posible solución para sustituir o complementar al método vigente usado por BORUCONSA en el Estado de México.

Dicho irradiador, visto como sistema, requiere de:

- a) Fuente de Cobalto 60, capaz de irradiar un volumen determinado en un tiempo de exposición dado, para lograr la desinfestación.
- b) El blindaje necesario para el uso de esta fuente.

- c) El sub-sistema de transportación del producto a irradiar a la fuente misma y viceversa.
- d) El sub-sistema de seguridad para control de operación del irradiador.
- e) Implementos de funcionamiento, como dosímetros, medidor de radiación ambiental, etc.
- f) Unidad móvil, adecuada para transportar el sistema, en las condiciones actuales de los accesos a los centros de almacenamiento.
- g) Sub-sistemas de interacción, maíz-irradiador-bodega.

# estudio de tiempos y movimientos

## Condiciones principales

- 1) Se requiere trasladar la unidad a los 114 centros de almacenamiento.
- 2) Cada centro tiene de 2 a 5 bodegas (c/u de 500 ton de capacidad) o sea de 5,000 sacos en promedio.
- 3) Existe una sola temporada anual de recepción que fluctúa de octubre a febrero (110 días hábiles).
- 4) En principio, se tendrían que irradiar 981 ton (12,261.5 sacos) mínimo por día.

## Secuencia del proceso actual

### a) almacenamiento

- 1) El maíz encostalado es trasladado a la bodega en camión normalmente.
- 2) Se inspecciona el contenido de humedad, impurezas, grano dañado e infestado.
- 3) Se pesa costal por costal (algunas bodegas cuentan con básculas para pesar el camión completo).
- 4) Se procede al estibamiento.  
Todos estos movimientos son realizados por obra de mano.

### b) conservación

- 1) Se limpia la bodega antes de almacenar el maíz.
- 2) Se fumiga la bodega (por aspersión).
- 3) Cuando el maíz se ha introducido a la bodega, se realiza la primera fumigación.
- 4) Se inspecciona y se fumiga posteriormen-

te cada mes. (promedio).

Estos movimientos se realizan por personas adiestradas y por técnicos.

De aquí se desprende la clara imagen de que el almacenamiento debe lograr el óptimo complemento con la conservación y viceversa.

## Requerimientos del nuevo proceso

### Conservación

1.- Irradiar costal por costal durante un tiempo de exposición, que estará dado por:

1.1.- Volumen de maíz que se recibe al año.

1.2.- Tiempo disponible para su recepción.

CANTIDAD DE MAIZ ALMACENADO EN DIVERSOS PERIODOS EN EL EDO. DE MEXICO							
70-71	71-72	72-73	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78
538	46,000	25,865	6,835	3,209	77,749	102,791	200,000*

\* Estimado

CANTIDAD PORCENTUAL DE RECEPCION EN LOS CENTROS DE BORUCONSA				
Mitad de OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	Mitad de FEBRERO
15%	20%	30%	30%	15%

Estos porcentajes son estimados en su cantidad, pero no en la importancia.

1.1.1.- Se considerará el volumen de 102,791 ton por:

1.1.2.- Ser el volumen promedio hasta la fecha

1.1.3.- Por ser el último volumen real de maíz recibido.

1.2.1.- De los 4.5 meses de recepción, se puede considerar que en 3 meses se puede programar la temporada de recepción para el Estado de México, (absorbiendo en Noviembre, Diciembre y Enero la recepción de Octubre y Febrero).

## Datos principales

Total volumen = 102,791 ton (1,284,887.5 sacos)  
Volumen promedio en los 114 centros = 901.68 ton (11,271 sacos) por centro  
Tiempo = 3 meses (90 días) (2,160 horas) (129,600 min) (7,776,000 seg)  
Tiempo real\* = (73 días) (1,752 horas) (105,120 min) (6,307,200 seg)

\* Sin considerar domingos, días no laborables y el día de 24 hrs.

$$\frac{6,307,200 \text{ seg}}{1,284,887.5 \text{ sacos}} = 4.40 \text{ seg/saco}$$

El tiempo de trabajo por día se toma de 24 horas, debido a que la fuente de energía radiactiva (no es accionada a voluntad) es decir, el tiempo que permanece sin ser utilizada es energía perdida.

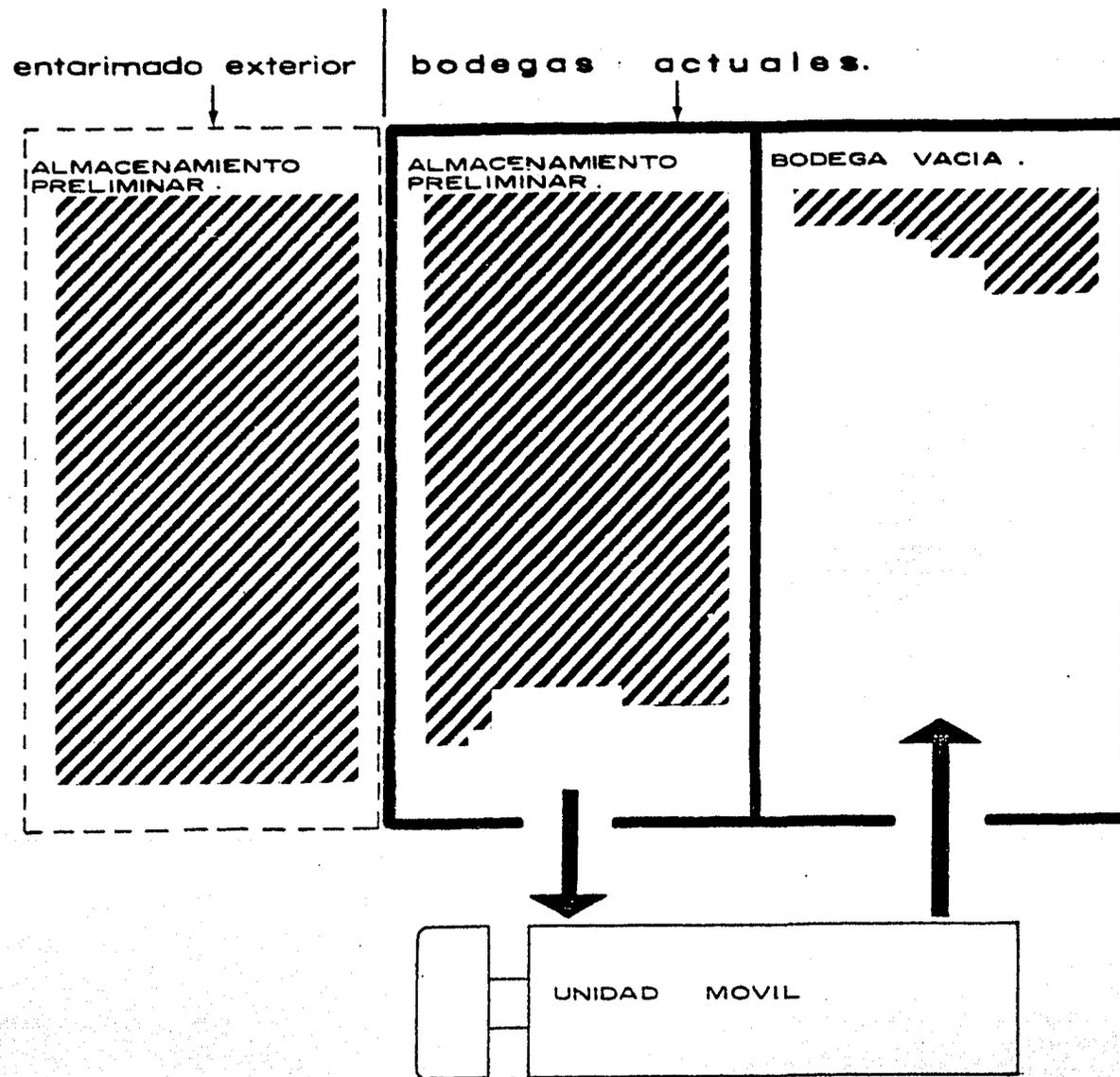
Volumen mínimo a tratar por día: 1,408.1 ton (17,601.2 sacos).

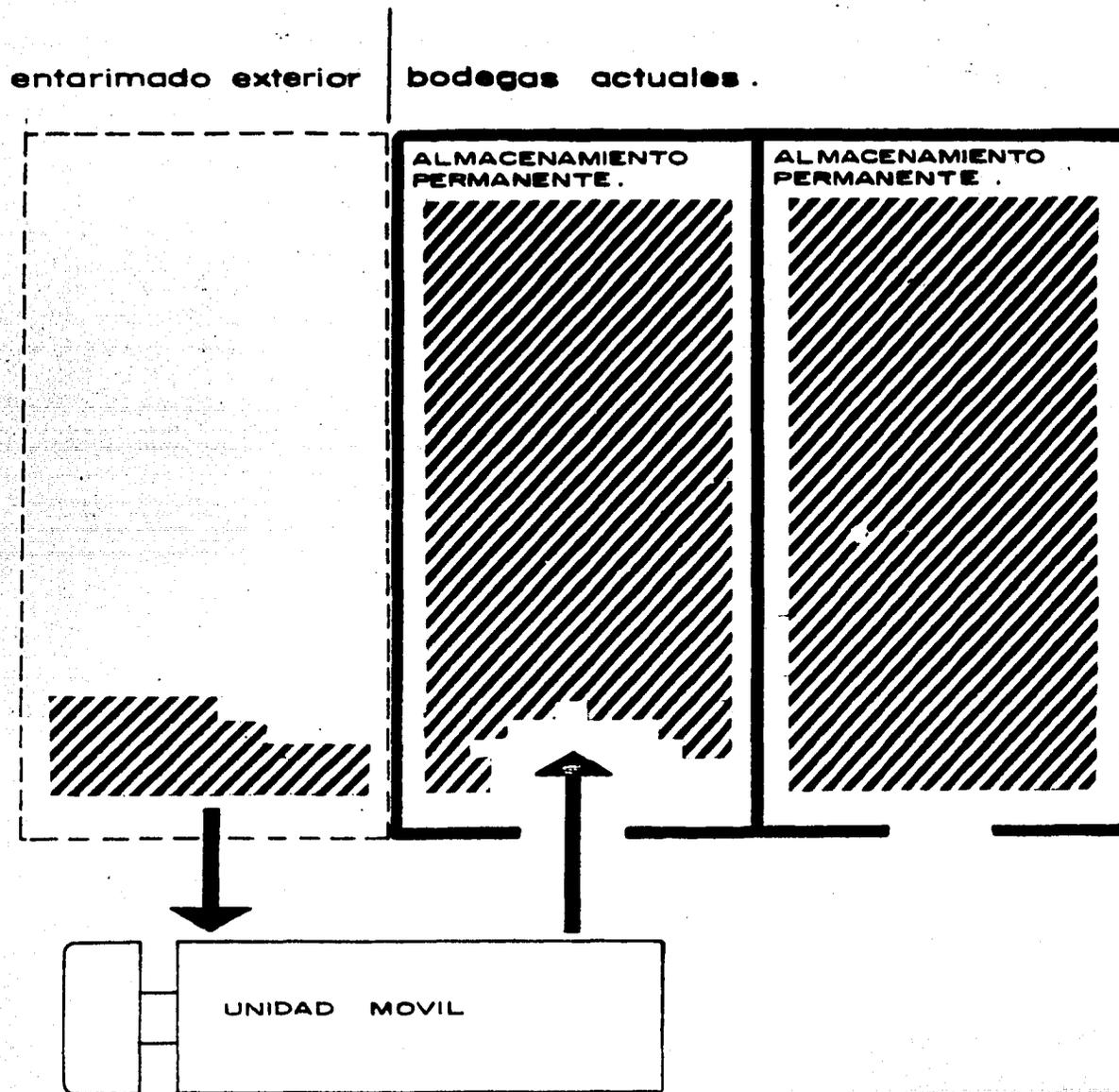
## Optimización en la relación: Almacenamiento-Conservación

### Conservación

- a) Tratar el maíz una sola vez (irradiar)
- b) Ponerse el maíz irradiado en una bodega limpia y fumigada (ver esquema)
- c) El maíz irradiado no mezclarlo con el maíz no irradiado.
- d) Bodega perfectamente sellada (dejando solamente el sistema de ventilación).

# PASO I





## Almacenamiento

- a) Recibir el maíz en los centros bajo una reprogramación. (Planteada posteriormente).
- b) Poner el maíz recibido en las bodegas (dejando una de ellas completamente vacía) (ver el esquema)
- c) Sellar todas las bodegas (techo, ventanas, puertas, etc.) excluyendo la ventilación.
- d) Inspeccionar el maíz (humedad)
- e) Pesarlo
- f) Estibarlo (colocación en bodega)..

## Síntesis

La velocidad de 5 seg/saco no es factible, ya que todavía hay que considerar:

- a) El tiempo necesario para trasladarse de una bodega a otra.
- b) La instalación del equipo, para trabajar.
- c) Lograr esta velocidad continua en el sistema que llevará costal por costal a la fuente radiactiva y de ésta, nuevamente al almacén.
- d) Otros factores como: (reparaciones, contrat tiempo, etc.)

### (1) Velocidad de 5 seg/saco

- a) Distancia promedio centro/centro = 20 km (a una velocidad promedio de 50 Km/hr) = 25 min.
- b) Poner a trabajar a 3 transportadores electromecánicos, (10 min).
- c) 3 turnos de 40 estibadores (cada turno trabajando 6 horas continuas) (de lunes a sábado).
- d) Cambios de turno, llegadas tarde, etc. 20 min por día.

SUMA a) 25 min x 114 centros = (2,850 min) = 47.5 hrs. = 1.98 días  
b) 10 min x 288 bodegas = (2,880 min) = 48.0 hrs. = 2 días  
c) total 18 horas efectivas de tratamiento = 12,960 sacos x día = 99.2 días  
d) 20 min x 99.2 días = (1,984 min) = 33.1 horas = 1.38 días

TOTAL = 104.6 días (4.02 meses).

### (2) Velocidad de 6 seg/saco

- a) Distancia promedio centro/centro = 20 km (a una velocidad de 50 km/hr) = 25 min.

- b) Instalación de transportadores y su accionamiento = 20 min.
- c) Movimientos de los estibadores (acomodo, etc.)

SUMA a) 25 min x 114 centros = (2,850 min) = 47.5 horas = 1.9 días.  
 b) 20 min x 288 bodegas = (5,760 min) = 960 horas = 4 días  
 c) 1 hr. x 288 = 288 horas = 12 días  
 d) 18 horas efectivas de tratamiento por días (10,800 sacos x = 118.9 días)  
 (lunes a viernes)

TOTAL = 136.8 días (5.9 meses)

(3) Velocidad de 4 seg/saco

- a) Distancia promedio centro/centro = 20 km (a una velocidad 50 km/hr) = 25 min.
- b) Instalación de transportadores y su accionamiento = 15 min.
- c) Vigilancia de 6 personas por turno (3 turnos por día) = 15 min.
- d) Cambios, acomodo de unidad, reparaciones, etc.
- e) Guardar todo el equipo y preparación para salir a la bodega siguiente = 15 min.

SUMA a) 25 min x 114 centros = 2,850 min (47.5 horas)  
 b) 15 min x 288 bodegas = 4,320 min (72.0 horas)  
 c) 15 min x 114 centros = 1,710 min (28.5 horas)  
 d) 5 min x 288 bodegas = 1,440 min (24.0 horas)  
 e) 15 min x 114 centros = 1,710 min (28.5 horas)

Tratamiento 18 horas efectivas por día (excepto Sábados y Domingos) = 16,200 sacos

para 102,791 ton (1,284,887 sacos) = 79.3 días (18 horas)

T O T A L = 90.1 días (3.8 meses)

## Diseño del Irradiador

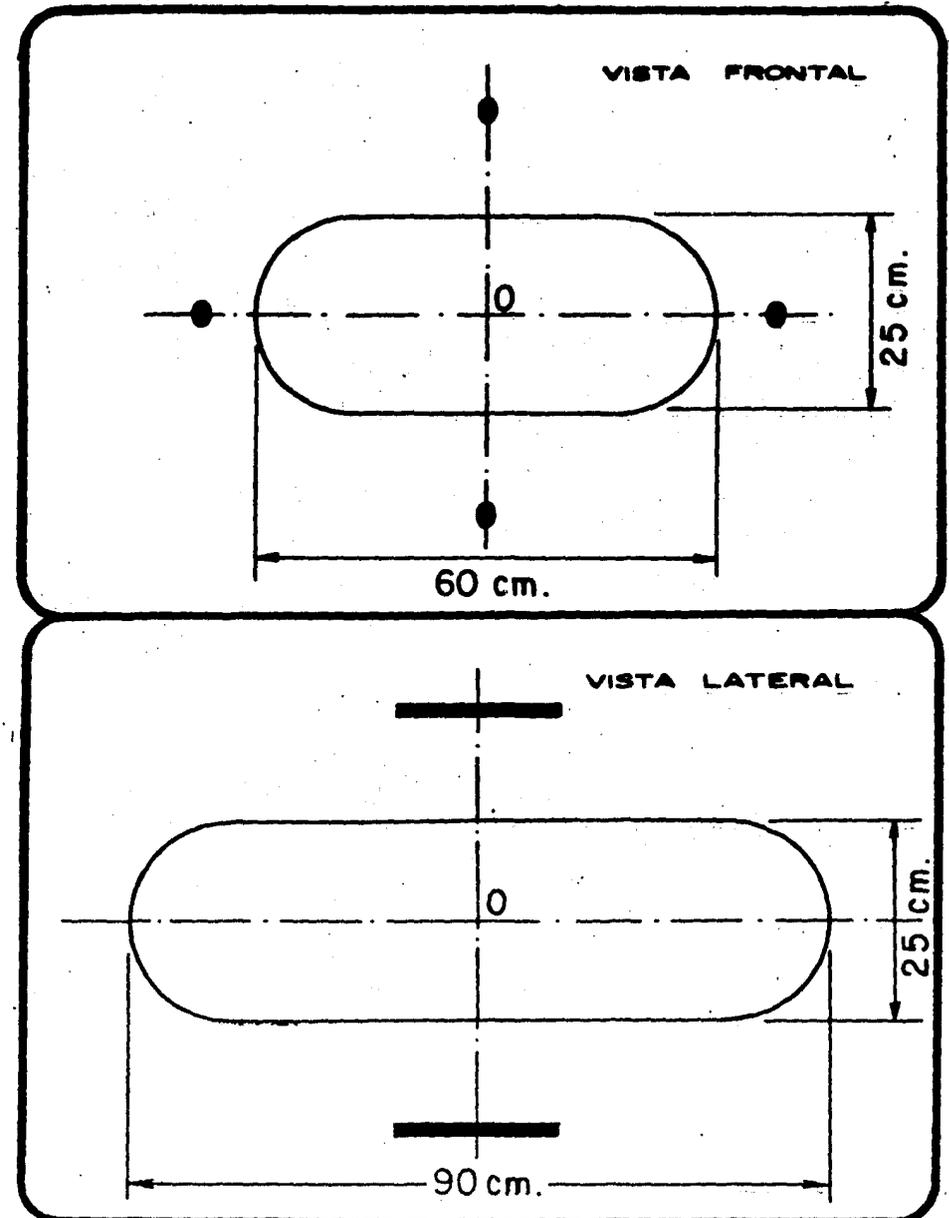
Para el diseño del irradiador se tienen los siguientes datos básicos:

- La dosis de desinfección necesaria es de 25 Krad, valor que fue encontrado por Adem y colaboradores (7) mismo que permite eliminar la infestación de las especies comunes que atacan al maíz almacenado en México.
- La razón de dosis necesaria es de 6.25 Krad/seg., misma que fue seleccionada de acuerdo al análisis de Tiempos y Movimientos.
- Se seleccionó una distribución de 4 fuentes de Cobalto 60, colocadas según se muestra en la figura 6. Como puede apreciarse están en función de la configuración de los costales que contienen el grano. Además, permite tener la distribución de dosis óptima en el costal para este sistema.
- Se seleccionó la fuente C-188 de la compañía Atomic Energy of Canada Ltd., misma que se describió en el capítulo 2: Las dimensiones finales de la fuente son de 21 cm de largo y 0.11 cm de diámetro.

Con estos datos se procede a calcular la actividad necesaria de las 4 fuentes para lograr dar la dosis de 25 Krad en el centro del costal (punto 0 de la figura 6), en un tiempo de 4 seg de exposición, a la vez que se tenga la distribución de dosis óptima para este sistema.

Primero se calcula la actividad sin considerar ningún material entre

Figura 6.- Distribución de las fuentes de Cobalto 60.



las fuentes y el costal, corrigiéndose posteriormente por el efecto en la distribución de dosis de los materiales que permitirán el manejo de los costales.

Cálculos:

A.- Cálculo de la actividad de las fuentes de Cobalto 60 sin cosiderar ningún material entre las mismas y los costales

Para calcular la actividad se aplica la expresión:

$$A = \frac{I_0 L D}{2\Gamma \tan^{-1}(L/2D)} \quad (4)$$

donde A es la actividad de una fuente radiactiva de longitud L que produce una intensidad de radiación  $I_0$  en un punto situado a una distancia D, perpendicular a la fuente. Esta expresión se deriva de las fórmulas que aparecen en el manual correspondiente (8).

La expresión está formulada en las unidades siguientes:

- A = actividad (mCi)
- $I_0$  = razón de exposición (R/hr)
- L = longitud de la fuente (cm)
- D = distancia perpendicular a la fuente (cm)
- $\Gamma$  = factor gamma (R cm<sup>2</sup>/hr mCi)

El factor gamma para Cobalto 60 tiene el valor de 13.2 de acuerdo a la tabla correspondiente (9).

Primero se presenta el cálculo para la fuente denominada A' (Ver fi-

gura 7) de modo que la razón de dosis en el punto 0 sea de 6.25 Krad/seg. Sustituyendo en la expresión (4), los siguientes valores:

Razón de dosis = 6.25 Krad/seg, que corresponde a la razón de exposición de  $25.89 \times 10^6$  R/hr con la equivalencia de 1 rad = 1.151 R.

- L = 21 cm
- D = 26 cm
- $\Gamma$  = 13.2 (R/cm<sup>2</sup>/hr mCi)

La actividad de A' es de  $22.59 \times 10^6$  mCi, o sea  $22.59 \times 10^3$  Ci.

Segundo, se calcula que actividad se requeriría en la fuente denominada K (Ver figura 7) de modo que la razón de exposición es de  $25.9 \times 10^6$  R/hr. La distancia, en este caso es de 36 cm, sustituyendo en la expresión 4, la actividad de K es de  $41.2 \times 10^3$  Ci.

Si se consideran otras dos fuentes denominadas A y K', situadas opuestas a A' y K (ver esquema de la figura 8), debido a la simetría, puede dividirse la actividad de modo que en el punto 0 la razón de exposición sea la que corresponda a una razón de dosis de 6.25 Krad/seg.

Figura 7.- Localización de las fuentes de Cobalto 60 en relación al costal.

Figura 8.- Localización de las fuentes de Cobalto 60 en relación al costal.

FIG. 7-a.

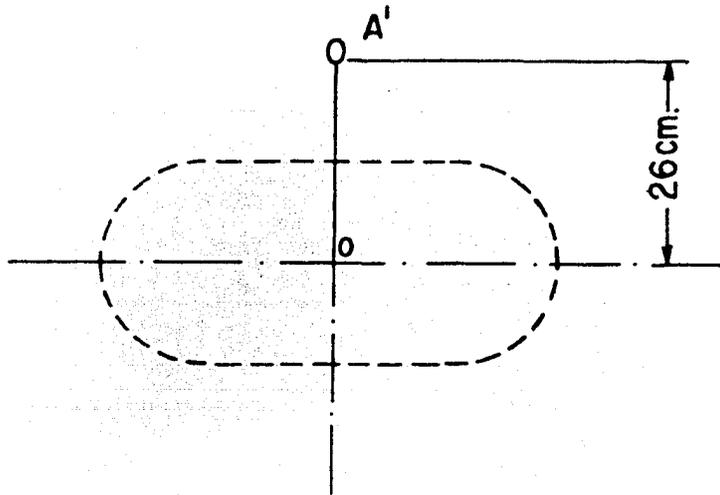


FIG. 7-b.

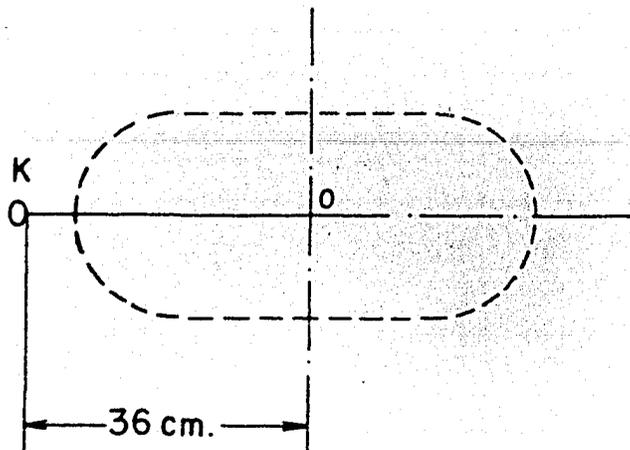
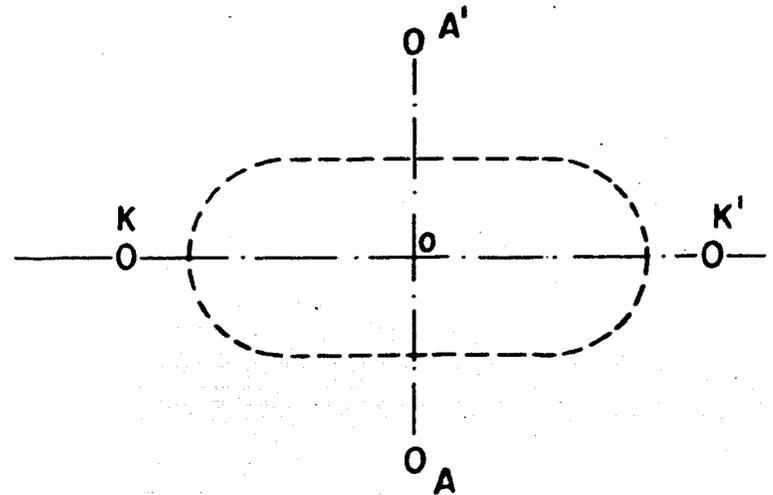


FIG. 8.



El costal está esquemáticamente representado por la línea punteada que se observa en las figuras. La distribución de las 4 fuentes obedece a la geometría del costal.

Esto es:

Fuente	Actividad(Ci)
A	5 647.5
A'	5 647.5
K	10 300
K'	10 300

B.- Efecto de los materiales incluidos en el diseño del transportador sobre la razón de dosis

Debido a que los costales se moverán bajo el área de irradiación a una velocidad de 4 seg., es necesario utilizar un transportador y además confinarlos en un ducto. En la figura 9 se muestran las vistas de lo anterior.

La razón de dosis, o la razón de exposición en el punto 0 producida por la fuente A', se afecta por el fenómeno de dispersión de la radiación en las láminas de acero inoxidable que conforman el ducto. El resultado de este fenómeno es el aumento de la razón de exposición en ese punto.

La expresión que se utiliza para calcular el efecto de dispersión es:

$$I = I_0 B e^{-\mu x} \quad (5)$$

donde I es la razón de exposición en un punto situado después de una pared de grosor x. El coeficiente lineal de absorción  $\mu$  es específico para cada material y depende de su densidad. B, se le denomina factor de incremento

cuyo valor depende de la energía de la radiación y del valor del producto  $\mu x$ .

En el caso de la fuente A' y el punto 0, puede apreciarse que hay dos materiales, las láminas mencionadas y el grosor del mismo grano. La dispersión en el grosor de aire es despreciable debido a su baja densidad. El grosor del costal mismo se está incluyendo en el del grano, debido a que la composición del henequén (celulosa y lignina) tienen características similares, ante la radiación, que el grano.

Aplicando la expresión 5, para este caso se tiene:

$$I'_0 = I_0 (2B_1 e^{-\mu_1 x_1} + B_3 e^{-\mu_3 x_3}) \quad (6)$$

donde:

$B_1$  = factor (lámina del ducto de acero inoxidable)

$\mu_1$  = coeficiente lineal (ducto)

$x_1$  = grosor de lámina (ducto)

$B_3$  = factor (maíz)

$\mu_3$  = coeficiente lineal (maíz)

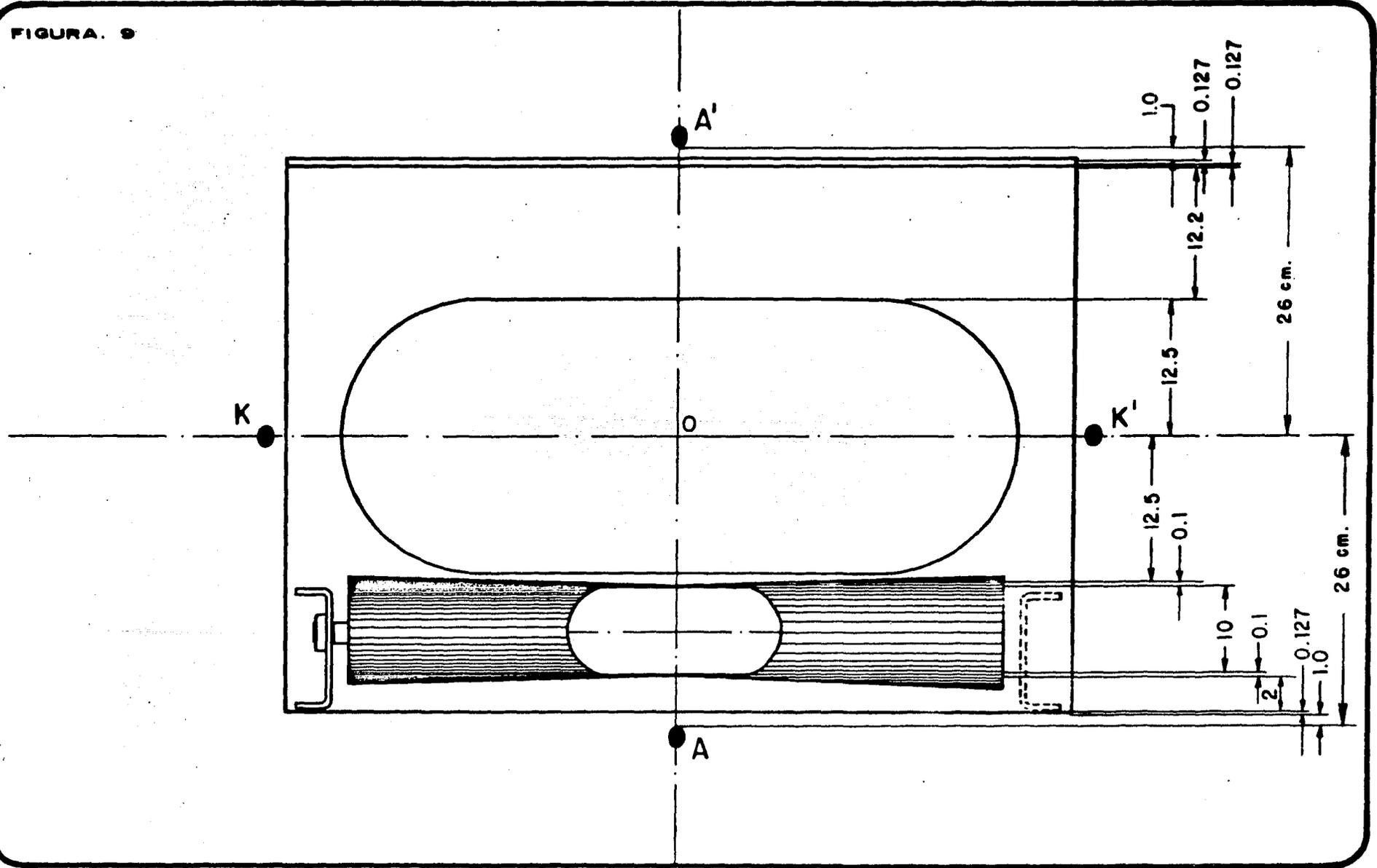
$x_3$  = grosor de maíz

dado que el efecto de un material es asociativa al de los demás.

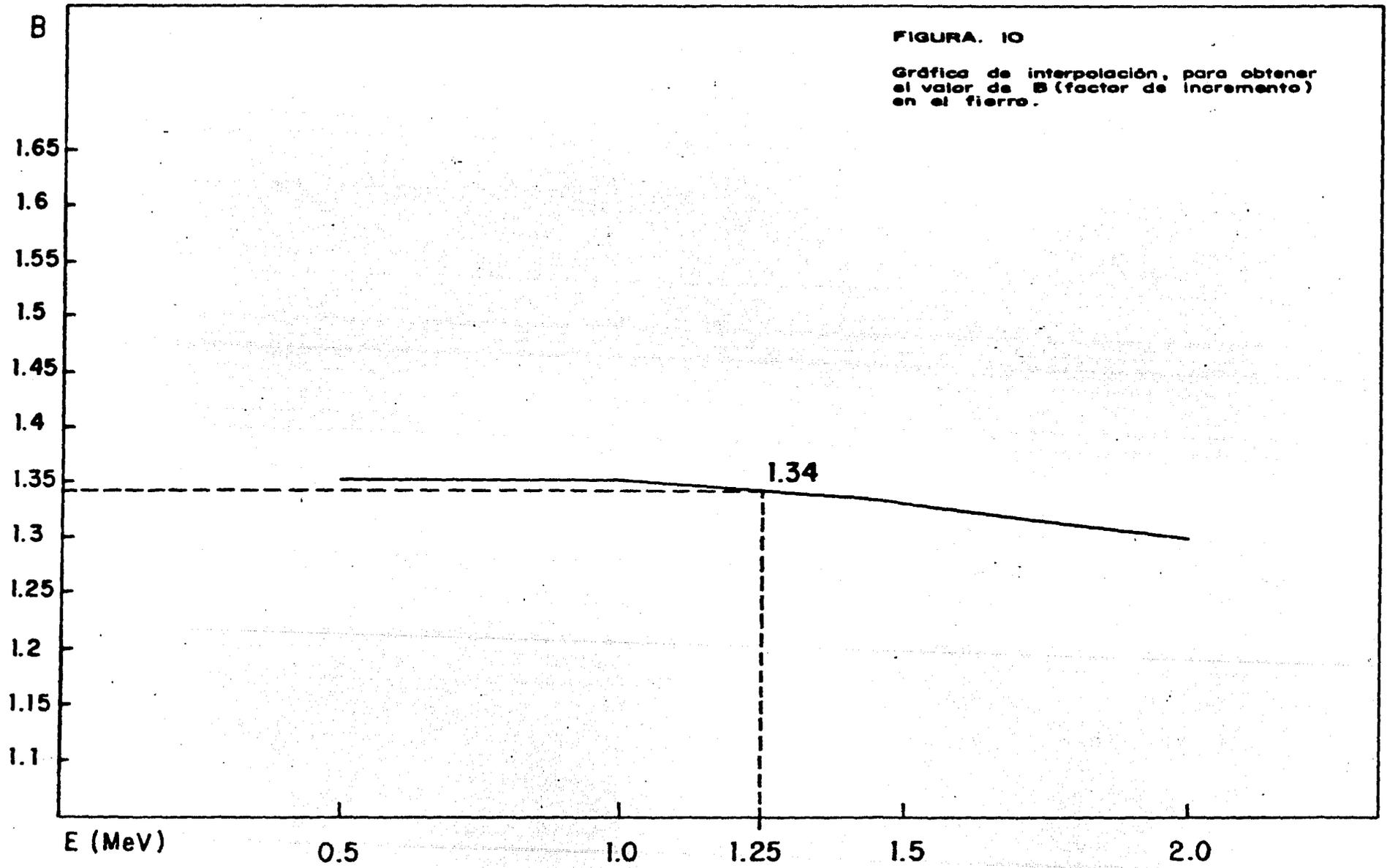
La  $I_0$  es la razón de exposición en el punto 0 debido a la fuente A'. Esta  $I_0$  se calcula de la expresión 4, despejándola:

$$I_0 = (2AT/LD) \tan^{-1}(L/2D) \quad (4')$$

FIGURA. 9



# FIERRO



Así mismo, las expresiones para las razones de exposición en el punto 0 debido a la actividad de las fuentes A, K y K', tomando en cuenta los materiales incluidos en el diseño mostrado en la figura 9, son:

Fuente A:

$$I_0^1 = I_0 (B_1 e^{-\mu_1 x_1} + 2B_2 e^{-\mu_2 x_2} + B_3 e^{-\mu_3 x_3}) \quad (7)$$

donde

$B_2$  = factor (lámina del rodillo transportador de acero inoxidable)  
 $\mu_2$  = coeficiente lineal (rodillo)  
 $x_2$  = grosor de la lámina (rodillo)

Fuente K y K':

$$I_0^1 = I_0 (B_1 e^{-\mu_1 x_1} + B_3 e^{-\mu_3 x_3}) \quad (8)$$

Usando las expresiones anteriores, se procedió a ir ajustando hasta que el valor de la razón de exposición en el punto 0 fuera el adecuado, respecto a:

- la razón de dosis seleccionada (6.25 Krad/seg)
- La razón de dosis en los puntos más cercano y más lejano a cada fuente.

De esta manera, se tuvieron que variar los valores de la actividad de cada una de las fuentes hasta que el ajuste diera los valores adecuados de la razón de dosis, resultando:

Fuente	Actividad(Ci)
A	2 380
A'	2 100
K	3 600
K'	3 600

A continuación se procedió a determinar la razón de dosis en el punto 0 debido a la fuente A', usando las expresiones 4' y 6.

Los valores usados en la expresión 4' fueron:

$A = 2 100 \text{ Ci}$   
 $\Gamma = 13.2 \text{ (R cm}^2/\text{hr mCi)}$   
 $L = 21 \text{ cm}$   
 $D = 26 \text{ cm}$

de donde:

$$I_0 = 2.48 \times 10^6 \text{ R/hr} = 0.598 \text{ Krad/seg.}$$

Los valores usados en la expresión 6 fueron:

$B_1 = 1.34$   
 $\mu_1 = 0.408 \text{ cm}^{-1}$   
 $x_1 = 0.127 \text{ cm}$   
 $\mu_1 x_1 = 0.051$   
 $B_3 = 1.78$   
 $\mu_3 = 0.0488 \text{ cm}^{-1}$   
 $x_3 = 12.5 \text{ cm}$   
 $\mu_3 x_3 = 0.610$

El valor de  $I_0^1$  es 2.09 Krad/seg.

Para calcular  $B_1$  se interpoló su valor de los datos que aparecen en la Tabla correspondiente al hierro (4) debido a que no

se tiene la correspondiente al acero inoxidable, pero su comportamiento ante la radiación es el mismo. Este procedimiento consistió en graficar los valores de  $\mu x$  respecto a B, y después B respecto a la energía E. (figura 9). Como la radiación gamma del Cobalto 60 tiene una energía promedio de 1.25 MeV, se toma el valor correspondiente en la gráfica B vs E.

Esto mismo se hizo para calcular el valor de  $B_3$  pero tomando los datos de la Tabla correspondiente al agua (11), por la misma razón anteriormente expuesta.

La relación a los valores de los coeficientes lineales para el acero y el maíz, se tomaron para la energía promedio de 1.25 MeV de:

- para el acero ( $\mu_1$ ) del ejemplo de la referencia antes indicada (12).
- para el maíz ( $\mu_3$ ) de la tesis de Ruwe (13), tomando el correspondiente del grano con porcentaje de humedad relativa promedio de 14%.

El mismo procedimiento fue usado para calcular la razón de dosis en el punto 0, debido a las fuentes A, K y K', usando las expresiones 1 y 8.

El resultado aparece en la siguiente Tabla.

Dada la actividad de las fuentes y el diseño del transportador y ducto, en los puntos del costal más cercano y más lejano a cada fuente, la razón de dosis se calculó aplicando la expresión 5, sumando los términos  $B_1 e^{-\mu x}$  que correspondan a los materiales entre dichos puntos y las fuentes.

El resultado aparece en

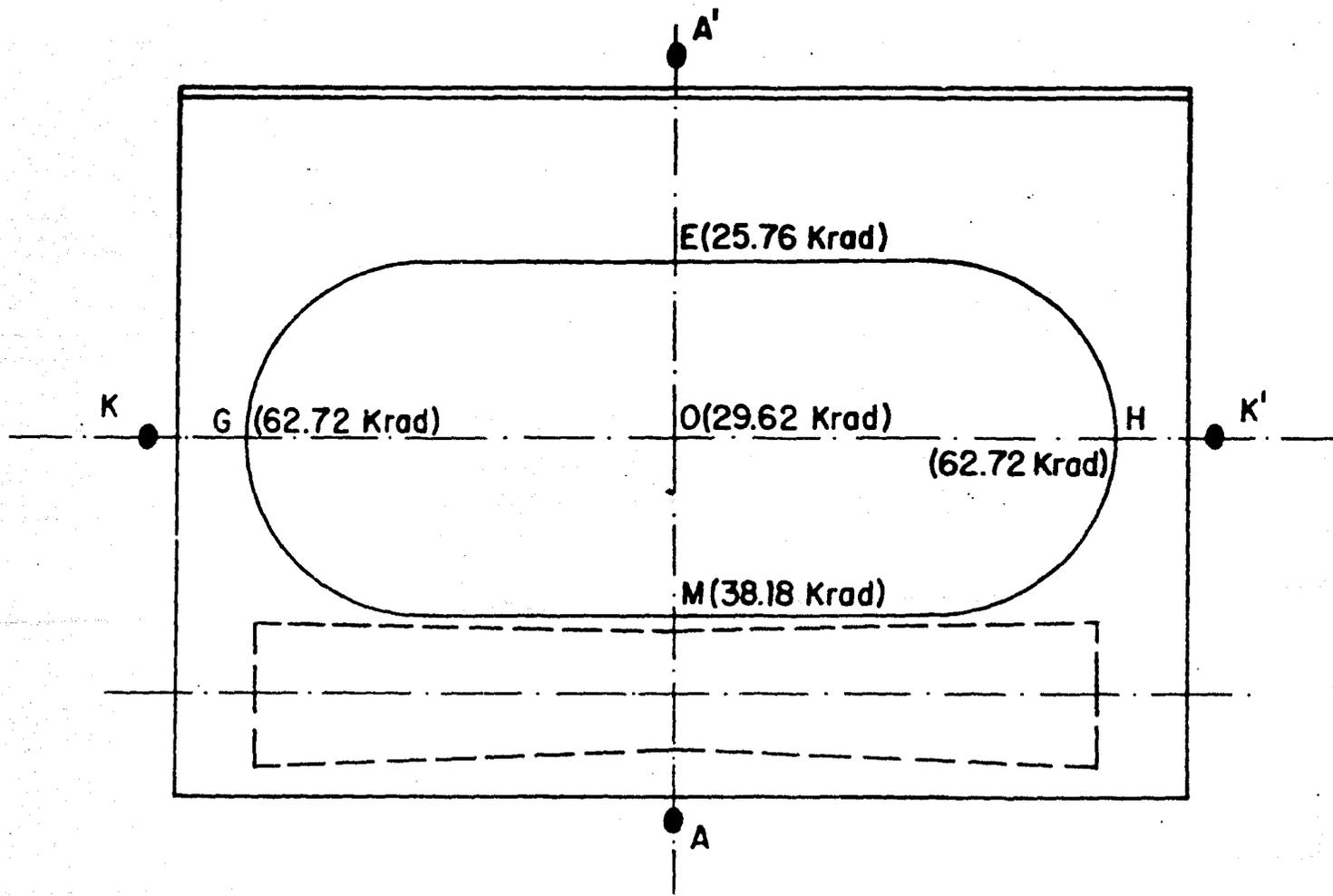
la Tabla siguiente:

Razón de dosis (Krad/seg)					
Puntos	0	E	M	G	H
Fuentes					
A	3.26	1.38	8.64	-	-
A'	2.09	5.06	0.906	-	-
K	1.028	-	-	15.52	0.166
K'	1.028	-	-	0.166	15.52
Total	7.406	6.44	9.546	15.68	15.68

Finalmente, en la figura 11 se presenta la vista frontal del costal, indicando la dosis que recibe durante los 4 seg de exposición a la radiación.

Analizando este último resultado, podemos observar, que debido a que el movimiento del costal es paralelo a la longitud de las fuentes, en los 4 seg se logra la dosis de desinfestación necesaria en todos los puntos del costal. También puede apreciarse que existe una sobredosis, lo cual garantiza que la infestación es eliminada totalmente. Esta sobredosis no afecta las características nutritivas y bromatológicas, debido a que el nivel de dosis es aun bajo (14). Aun más, en los países donde ha sido aprobado por las autoridades correspondientes el consumo de grano irradiado, se permiten dosis hasta de 100 Krad (15).

Figura 11.- Distribución de dosis en el costal.



C.- Efecto del decaimiento de la actividad del Cobalto 60 en el diseño del irradiador.

Es conocido que el Cobalto 60 tiene una vida media de 5.27 años, debido al decaimiento radiactivo. Por lo tanto, el tiempo de exposición deberá aumentarse para mantener la razón de dosis en el tratamiento. Para un plazo de 5 años, en la figura 12 se muestran los valores que toman la actividad total del Cobalto 60 contenido en las 4 fuentes y la razón de dosis en el centro del costal con el tiempo.

Posteriormente se explica la forma en que se disminuye periódicamente la velocidad del transportador para compensar el decaimiento.

D.- Selección de fuentes de Cobalto 60

En los cálculos anteriores se ha usado el término fuente para describir un elemento radiactivo. De acuerdo al resultado sobre la actividad necesaria en los 4 elementos A, A', K y K' y considerando que una fuente del tipo C-188 de la Atomic Energy of Canada, Ltd. puede construirse con una actividad específica de 30 Ci/g, según datos de la misma compañía (16). Como nuestros elementos tienen una longitud de 21 cm y un diámetro de 0.635 cm, el número de fuentes C-188, correspondientes a A, A', K y K' son:

	No. de fuentes C-188	Actividad total (Ci)
A	2	2 380
A'	2	2 100
K	3	3 600
K'	3	3 600

El diámetro de los elementos A, A', K y K' no se han tomado en cuenta en el cálculo, debido a que su contribución es despreciable.

E.- Diseño de contenedores y cálculo de blindaje

El diseño de los contenedores de las fuentes C-188 se basó en:

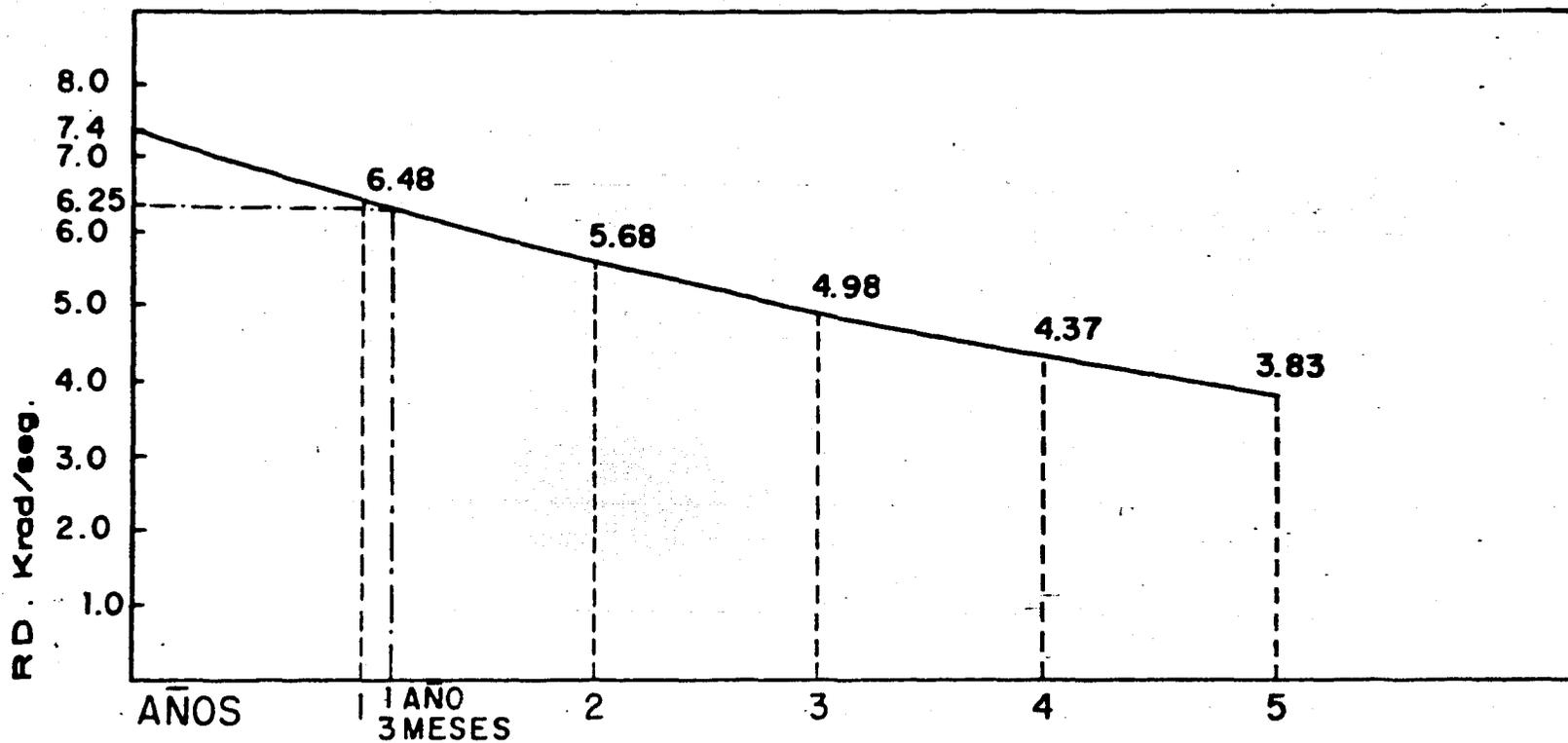
- En México no se produce actualmente Cobalto 60, ni será posible hacerlo mientras no se tengan reactores de potencia. Por lo tanto dicho material será necesario importarlo del Canadá. Entonces requiere de un contenedor que cumpla con las disposiciones internacionales para el traslado de material radiactivo.
- Que permita su uso en el sistema.

El contenedor seleccionado se muestra en el plano correspondiente cuyos componentes y funcionamiento se explican posteriormente.

El grosor del plomo, necesario para reducir el nivel de radiación a los límites permisibles se calculó de la siguiente manera:

Figura 12.- Decaimiento de la actividad y de la razón de dosis en el centro del costal.

# DECAIMIENTO



Fuente A' (2 100 Ci)

Se utiliza el criterio de calcular la intensidad que produce la fuente a una distancia de 1 m, mediante la expresión 4'.

Los valores son:

$$A = 2.1 \times 10^6 \text{ (mCi)}$$

$$\Gamma = 13.2 \text{ (R cm}^2\text{/hr. mCi)}$$

$$L = 21 \text{ cm}$$

$$D = 100 \text{ cm}$$

De donde la intensidad I es  $175 \times 10^3 \text{ R/hr.}$

Para calcular el grosor, se usa la expresión 5, dando diferentes valores a la misma variable x. De esta manera con los valores siguientes:

$$x = 20 \text{ cm}$$

$$\mu = 0.791 \text{ cm}^{-1}$$

$$\mu x = 15.82, e^{-\mu x} = 1.34 \times 10^{-7}$$

$$B = 5.55$$

se obtiene una intensidad de 130 mR/hr, después del blindaje de plomo, la cual está dentro de los límites permisibles para contenedores de material radiactivo.

De la misma manera se calcula el grosor de los contenedores para las otras fuentes. El resultado se muestra en la siguiente Tabla.

Fuente	Actividad (Ci)	x (cm)	B	Intensidad a 100 cm (mR/hr)
A	2 380	20	5.55	147
A'	2 100	20	5.55	130
K	3 600	22	5.95	49.4
K'	3 600	22	5.95	49.4

F.- Diseño y cálculo del blindaje del irradiador

Para blindar las 4 fuentes, cuando se encuentran en la posición de irradiación, esto es fuera de sus contenedores se diseñó un blindaje de plomo, de la forma mostrada en el plano No. 0.

En la misma puede apreciarse a las fuentes (A, A', K y K') que aparecen con su contenedor en líneas punteadas. El grosor del plomo se calcula de la manera siguiente.

Con la expresión

$$I = \frac{A\Gamma}{r^2} \quad (9)$$

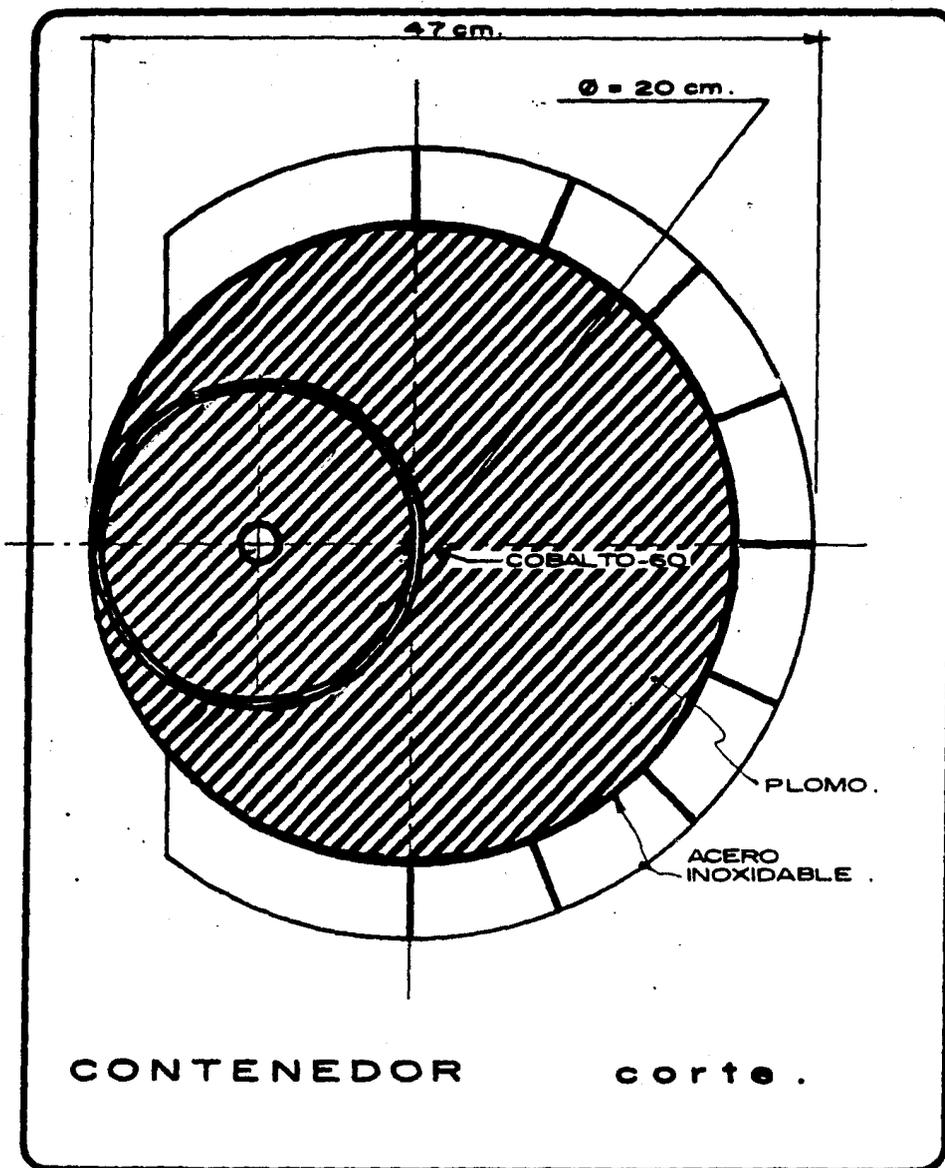
en la cual r es la distancia al punto de interés, se calcula la intensidad (I) que produce una fuente. Por ejemplo para el punto a, (ver plano correspondiente) y la intensidad producida por la fuente A, se tienen los siguientes valores:

$$r = 93 \text{ cm}$$

$$A = 2.38 \times 10^6 \text{ mCi}$$

$$\Gamma = 13.2 \text{ (R cm}^2\text{/hr mCi)}$$

Figura 13.- Esquema del Contenedor.



en donde  $I = 3\ 628\ \text{R/hr.}$

Esta intensidad es afectada por los materiales del ducto y del rodillo. Su efecto se calcula de la expresión 5, que aplicada para el punto a, teniendo en cuenta los materiales, es

$$I' = I (2B_1 e^{-\mu_1 x_1} + B_2 e^{-\mu_2 x_2}) \quad (7)$$

de tal modo que, la  $I = 17.48\ \text{R/hr.}$

Sumando la contribución de todas las fuentes en el punto a, se tiene

Fuente	Intensidad en el punto a (R/hr)
A	17.48
K	32.31
K'	32.31
Total	82.1

Utilizando la expresión 5, se calcula el grosor de plomo para reducir la intensidad, en el punto a, con los siguientes valores:

$$x = 20\ \text{cm}$$

$$\mu = 0.798$$

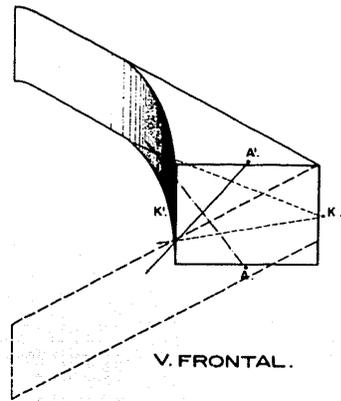
$$\mu x = 15.82 \times e^{-\mu x} = 1.34 \times 10^7$$

$$B = 5.55$$

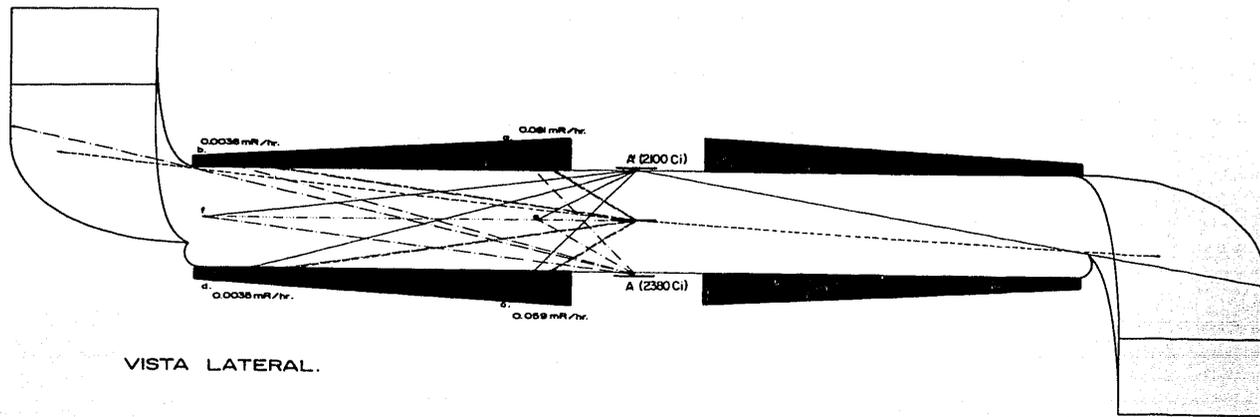
de donde la intensidad reducida es de  $0.061\ \text{mR/hr.}$ , valor que se encuentra por debajo del nivel permisible de  $2.5\ \text{mR/hr.}$

La misma expresión 9, puede emplearse para todos los puntos de interés y es válida ya que la distancia  $r$  es varias veces mayor que la longitud  $L$  de la fuente.

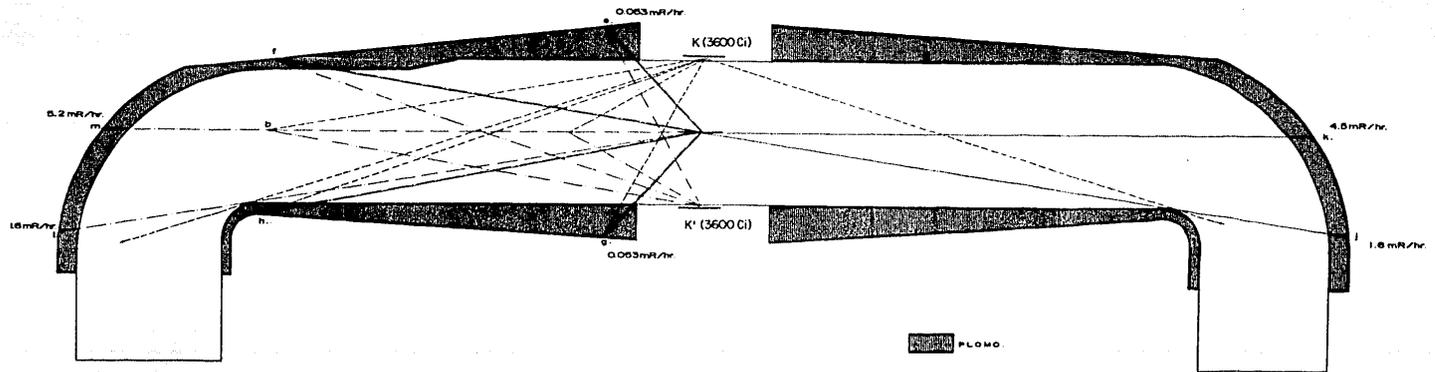
En el plano correspondiente puede apreciarse que el grosor del plomo varía por los diversos puntos de interés, debido principalmente a que la intensidad decrece con el cuadrado de la distancia.



V. FRONTAL.



VISTA LATERAL.



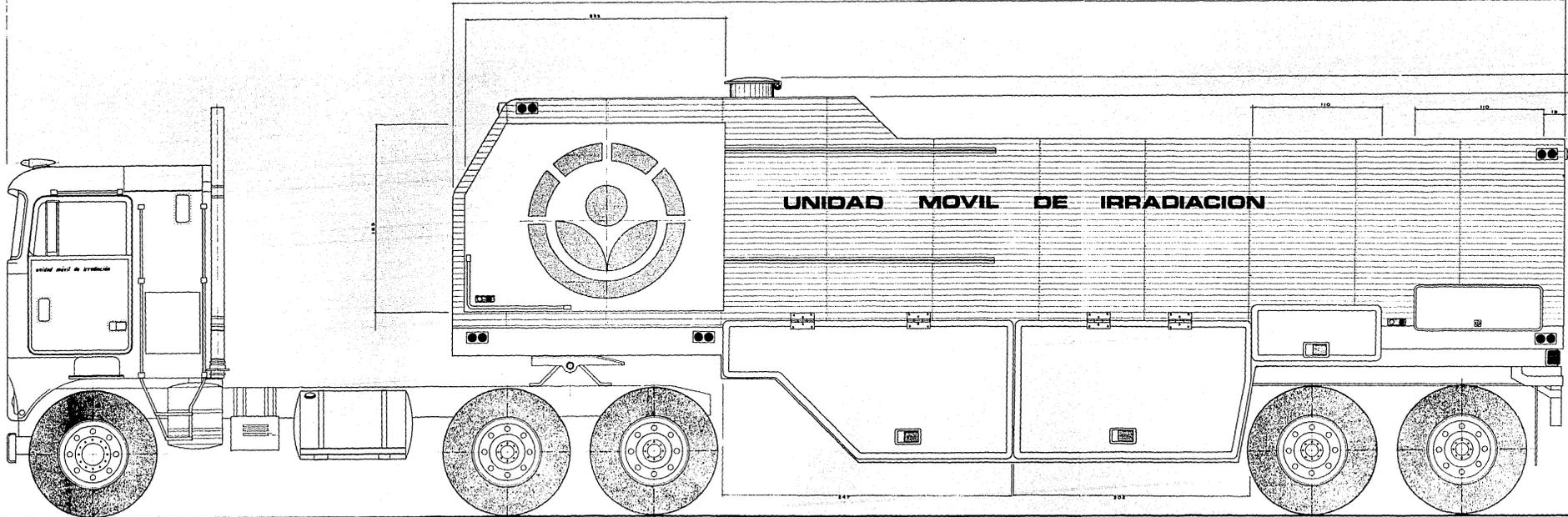
VISTA SUPERIOR.

PLOMO.

diseño  
industrial.  
u. n. a. m.

irradiador móvil de cobalto-60 para desinfectar maíz.

autor	JAIME CORONA CORTES	eso.	fecha	Feb-79
estudio	ESTUDIO DEL BLINDAJE EN EL DUCTO.		grupo	c.
				0

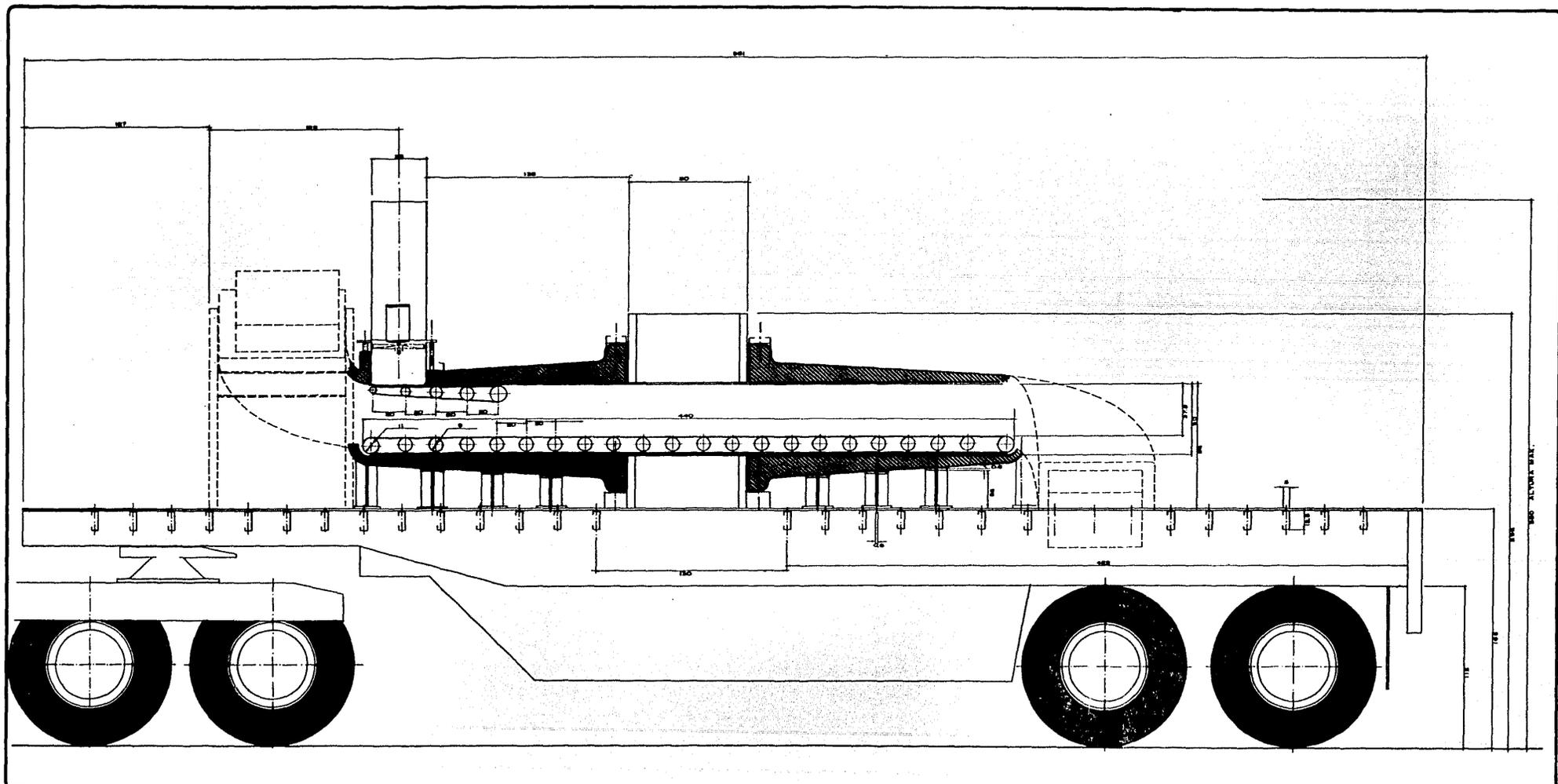


diseño  
industrial  
u. n. a. m.

Irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

Escalera	cm	JAIMÉ CORONA CORTÉS	7/77
Fig. 1		VISTA LATERAL exterior.	1

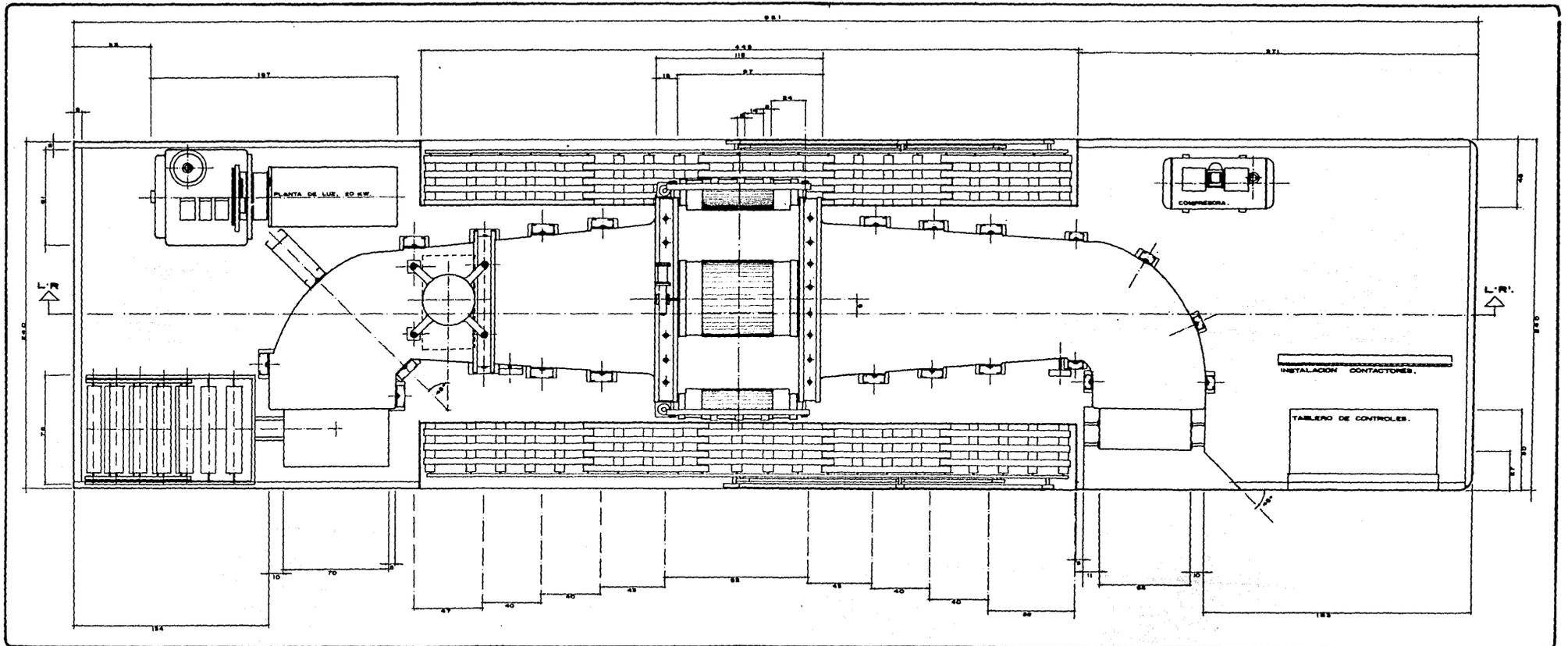




diseño  
Industrial.  
u. n. a. m.

irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz .

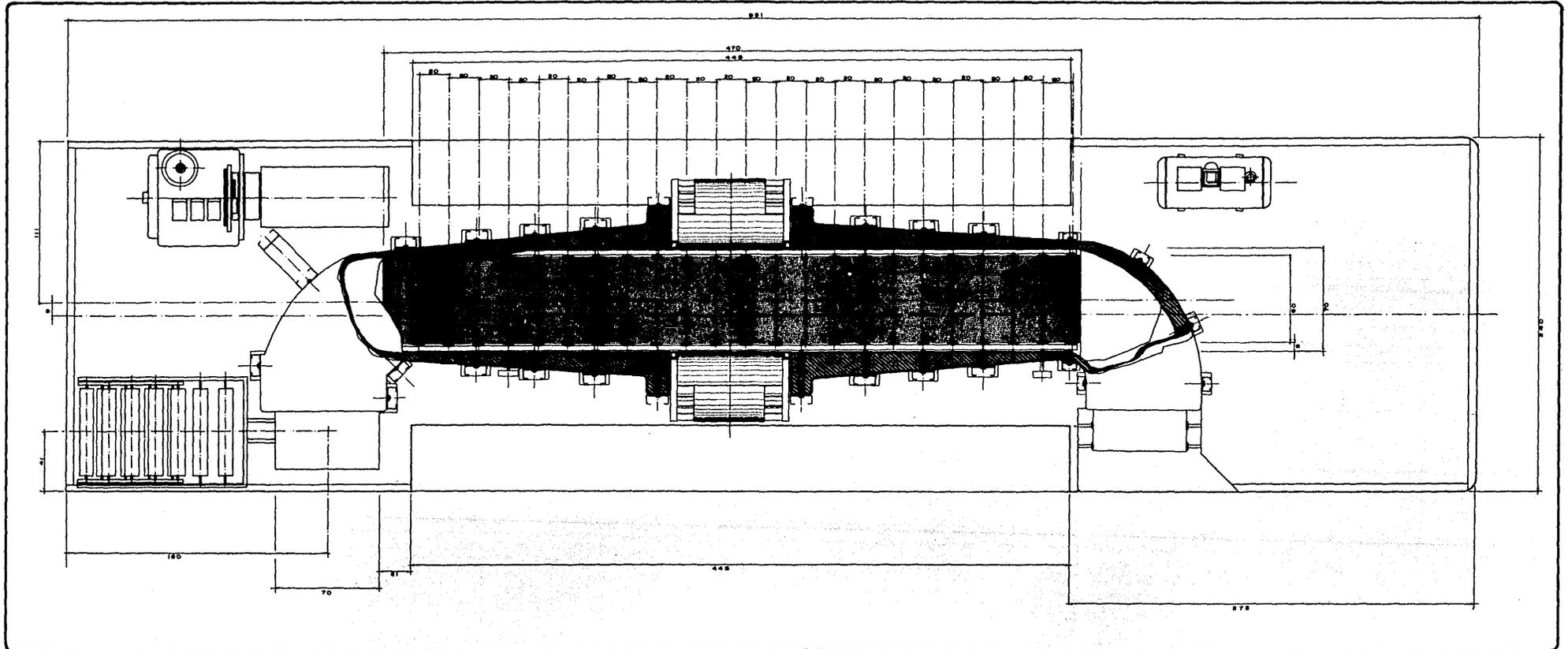
	JAIMÉ CORONA CORTÉS . CORTE L-R-R.	feb. 78 J.C. <b>3</b>
---	---------------------------------------	-----------------------------



diseño  
industrial  
u. n. o. m.

irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

	dms. JAIME CORONA CORTES	feb. 70
VISTA SUPERIOR. (Interior.)		4



diseño  
industrial .  
u. n. a. m.

irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz .

autor: J.C.M.

JAIMÉ CORONA CORTÉS .

escala:

feb. 79

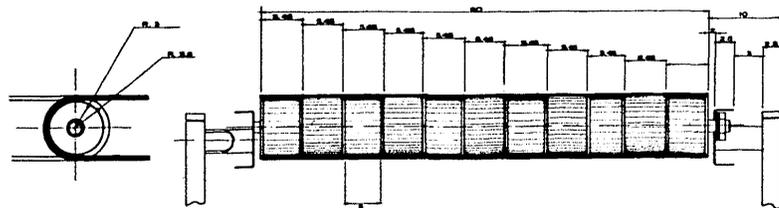


CORTE H-Z-Z'.

elaboró: J.C.

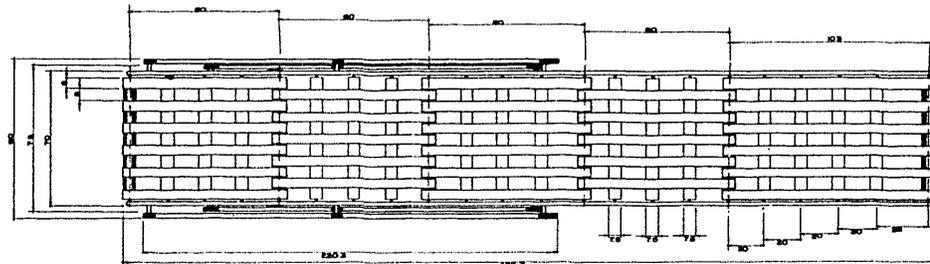
5



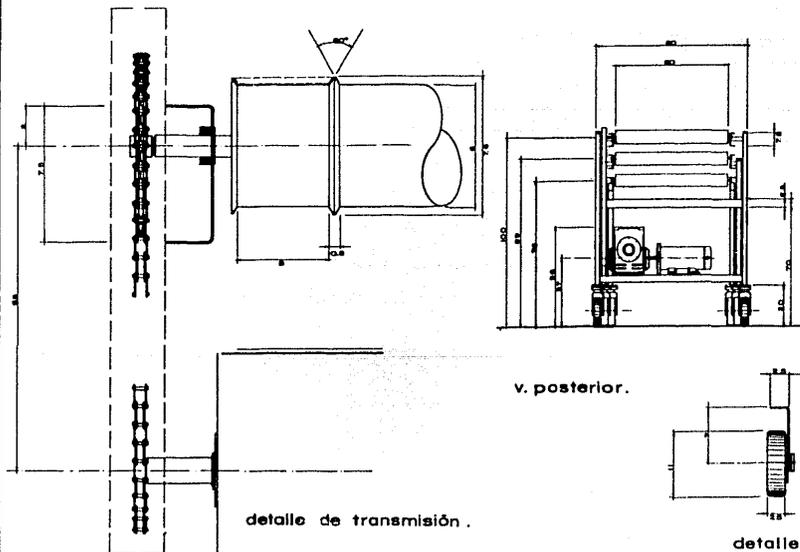


v. frontal rodillo.

v. lateral rodillo.

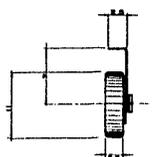


v. superior.

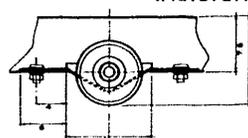


v. posterior.

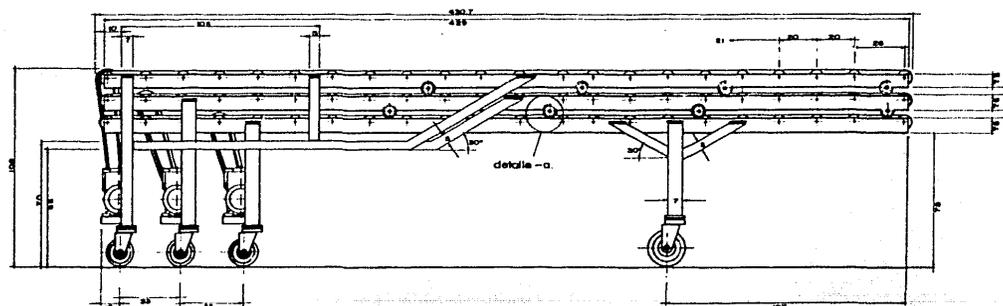
detalle de transmisión.



detalle -a.



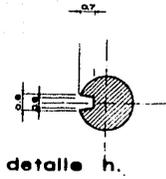
v. lateral.



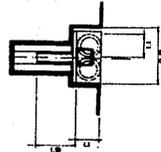
diseño  
industrial.  
u. n. a. m.

irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

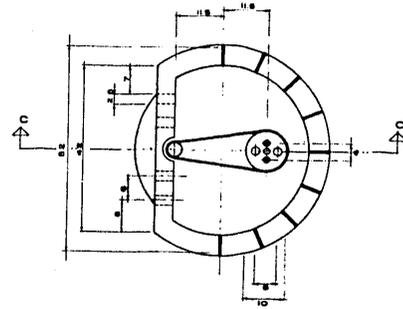
	DISEÑO <b>JAIME CORONA CORTES</b>	FEB-79
	TRANSPORTADOR TELESCOPICO.	7



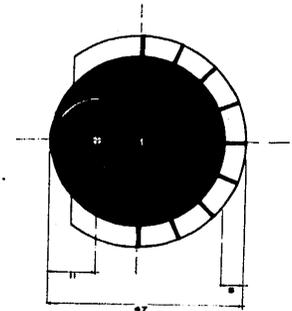
detalle h.



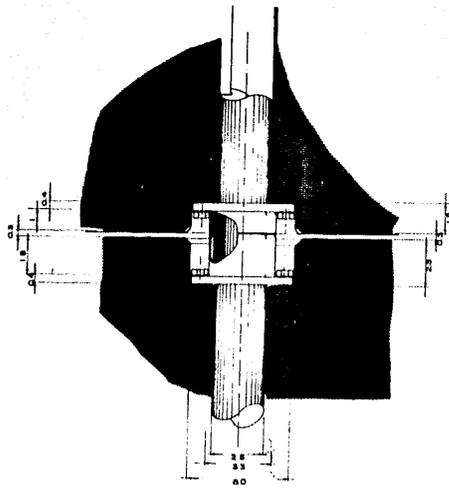
detalle c.



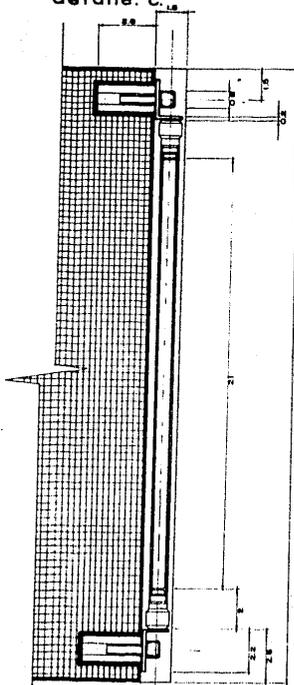
v. superior



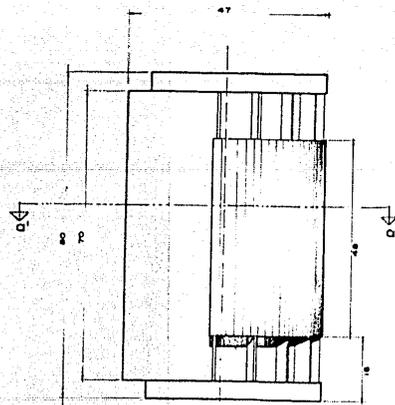
corte a-a'



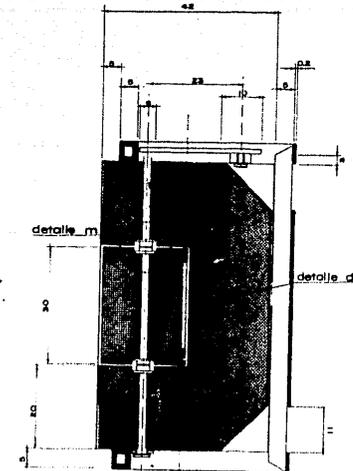
detalle m.



detalle d.



v. frontal.



corte c-c'

diseño  
industrial.  
u. n. a. m.

Irradiador móvil de cobalto-60 para desinfectar maíz.

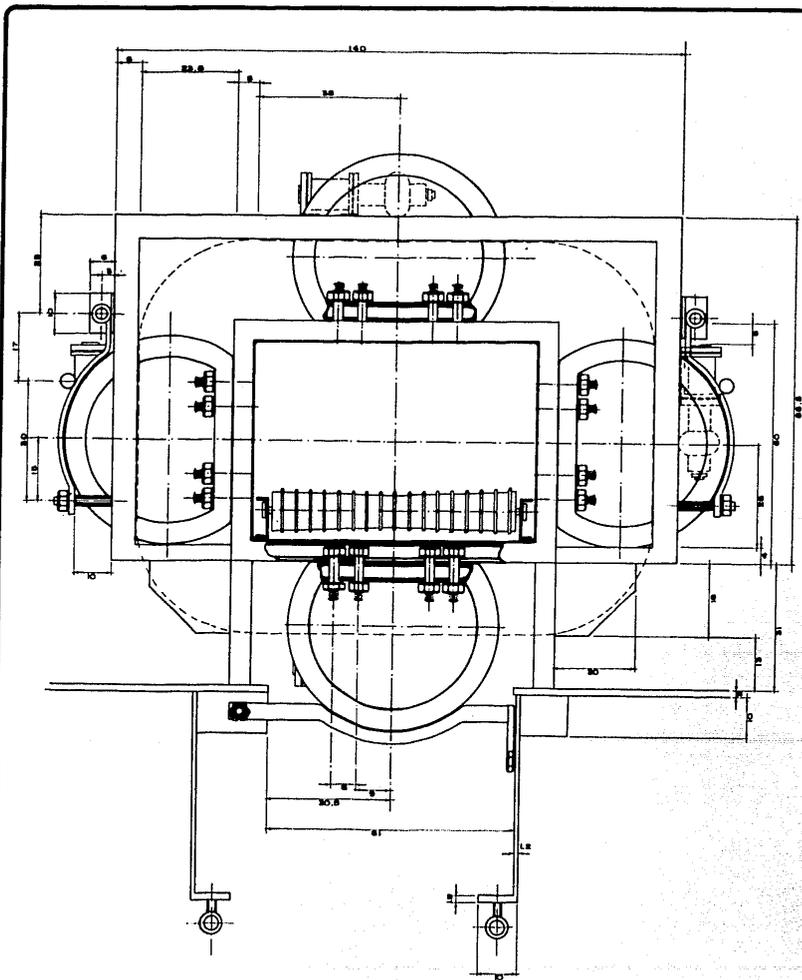


autor J. A. M. JAIME CORONA CORTES

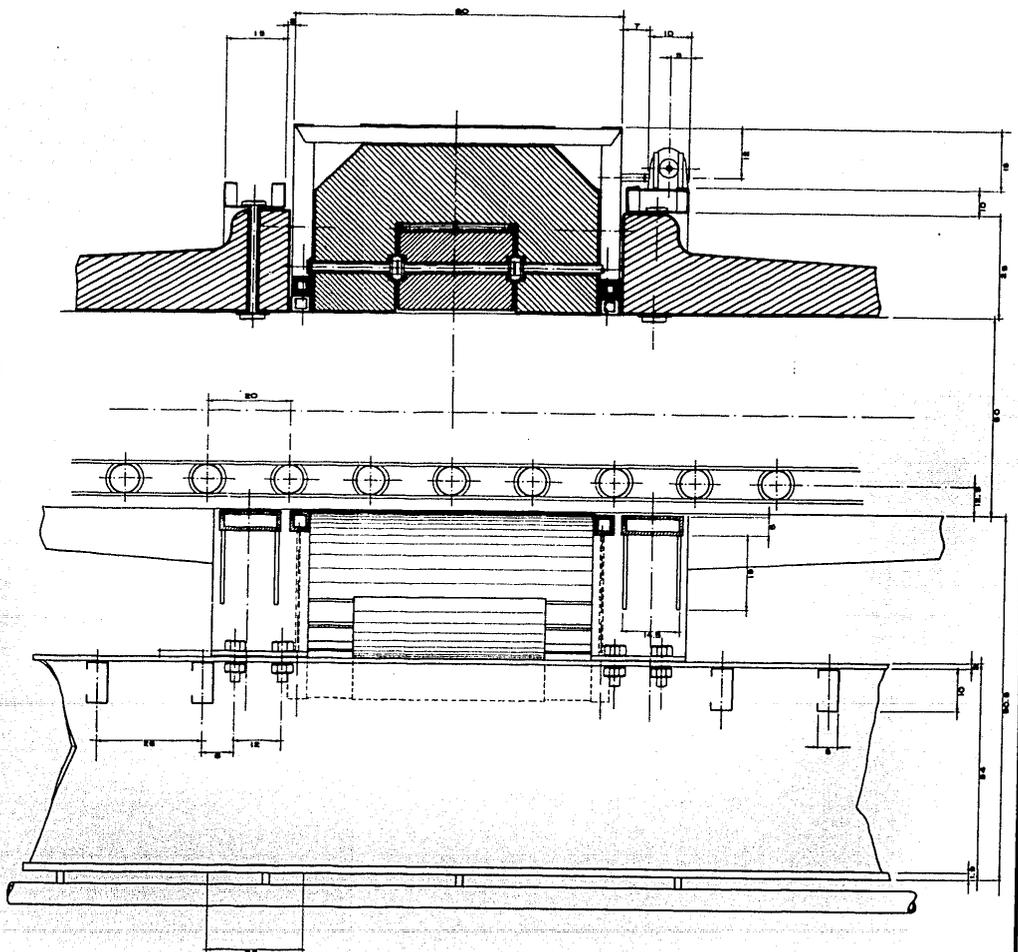
CONTENEDOR DEL  
COBALTO

fecha Feb-70

hoja 8



corte v-b-b'



corte f-f'

diseño  
Industrial  
u. n. a. m.

Irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

autor: cms. JAIME CORONA CORTES 222

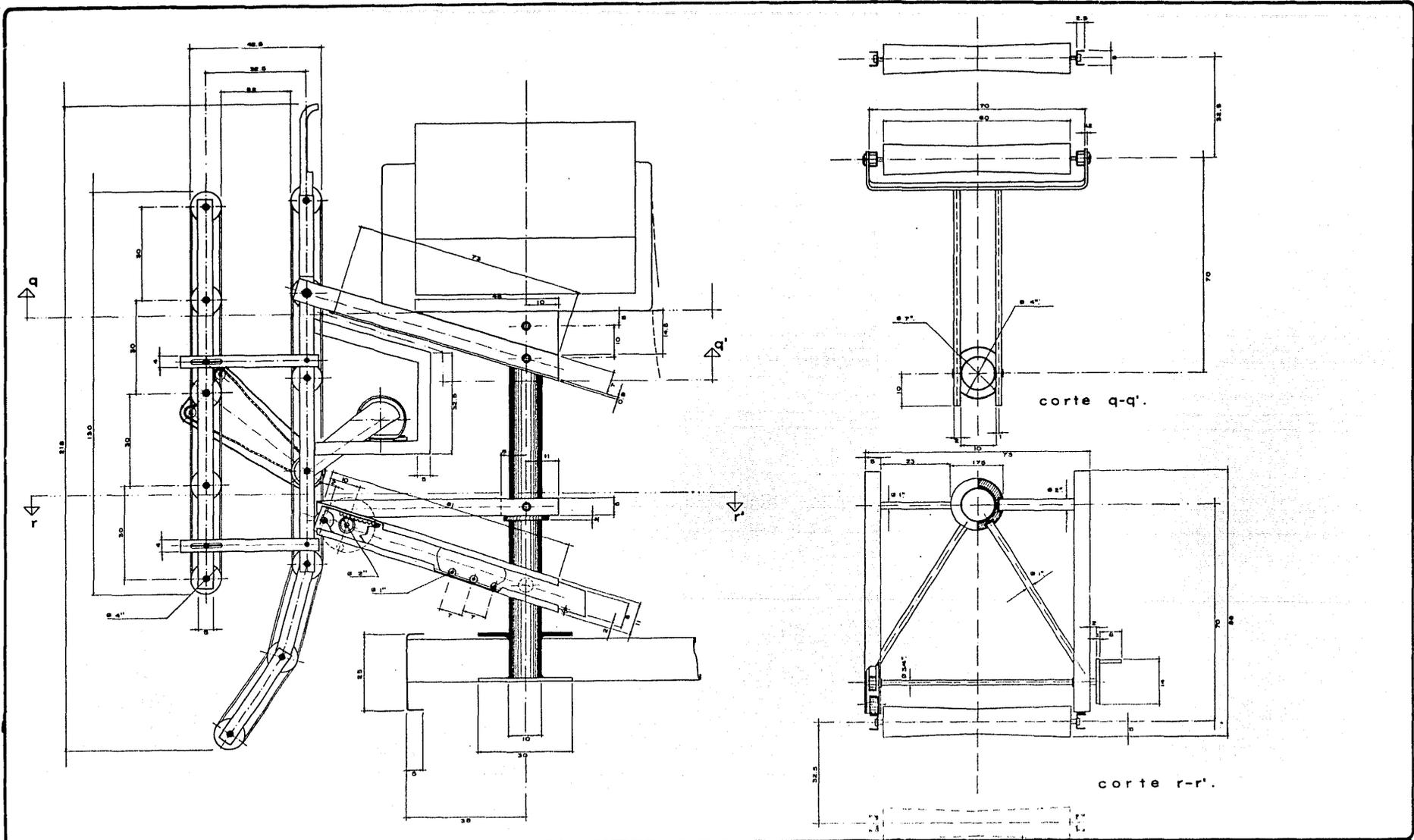
CORTES

V-B-B' y F-F'

no. 95-72

no. 9

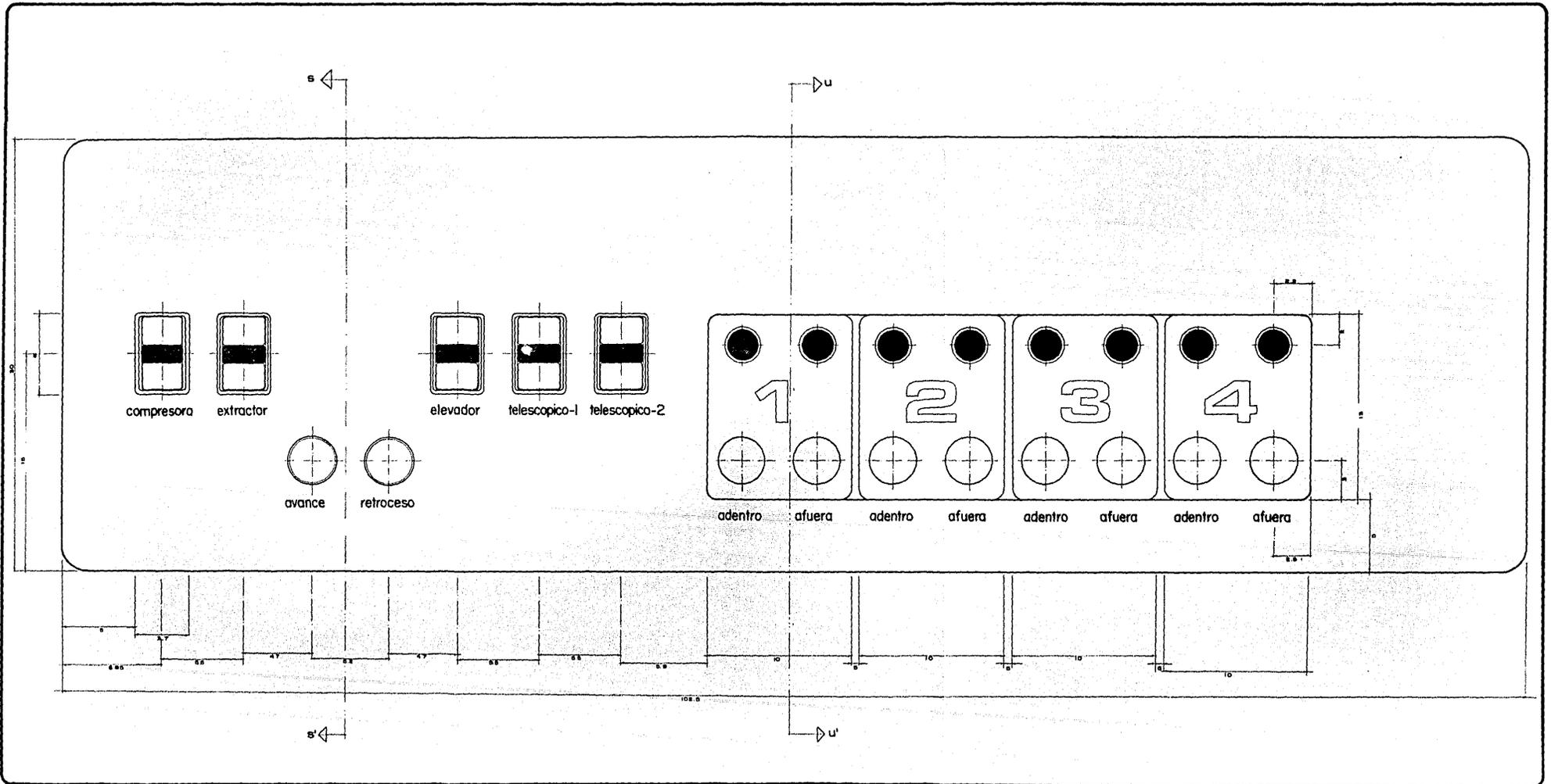
9



diseño  
industrial.  
u. n. o. m.

irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

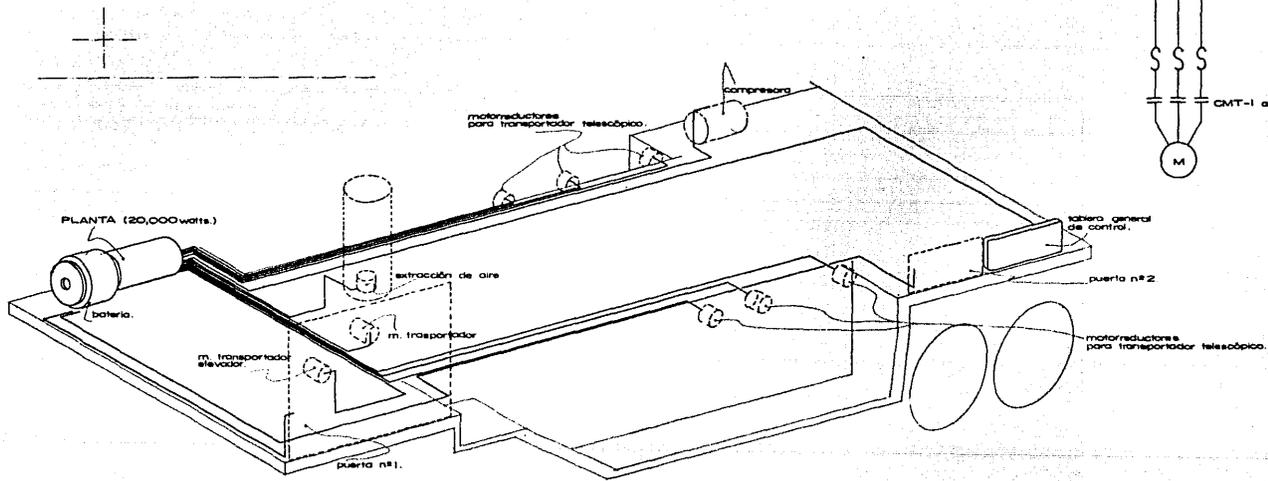
	Cma. JAIME CORONA CORTES.	***	Fecha: feb-79
	TRANSPORTADOR ELEVADOR	Proyecto: j. c.	10



diseño  
Industrial

Irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

autorización Cma.	JAIMÉ CORONA CORTÉS.	fecha Sep-79
TABLERO DE CONTROL.		hoja 11
vista frontal.		



ESQUEMA DE CONEXIONES.

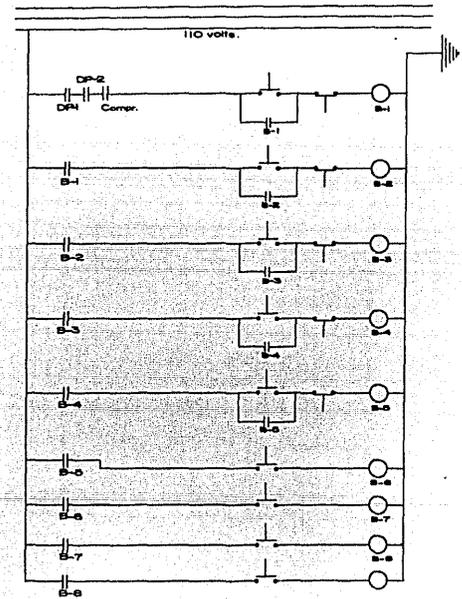
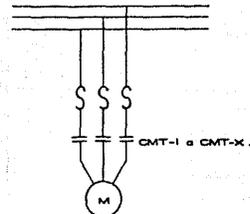
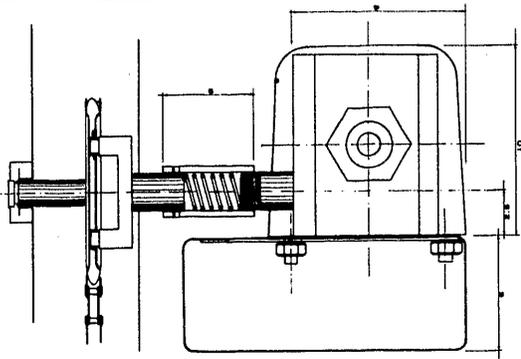


DIAGRAMA UNIFILAR.

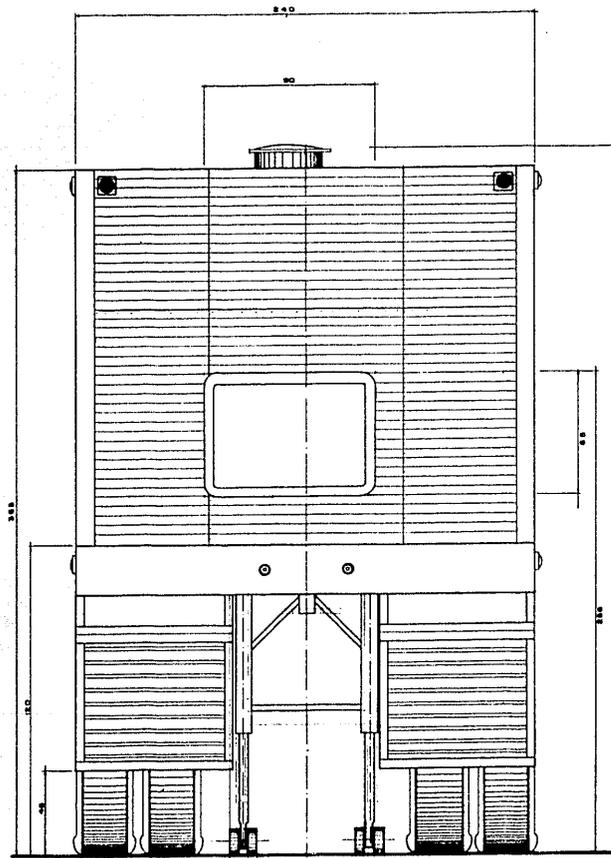
diseño industrial  
u. n. a. m.

Irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

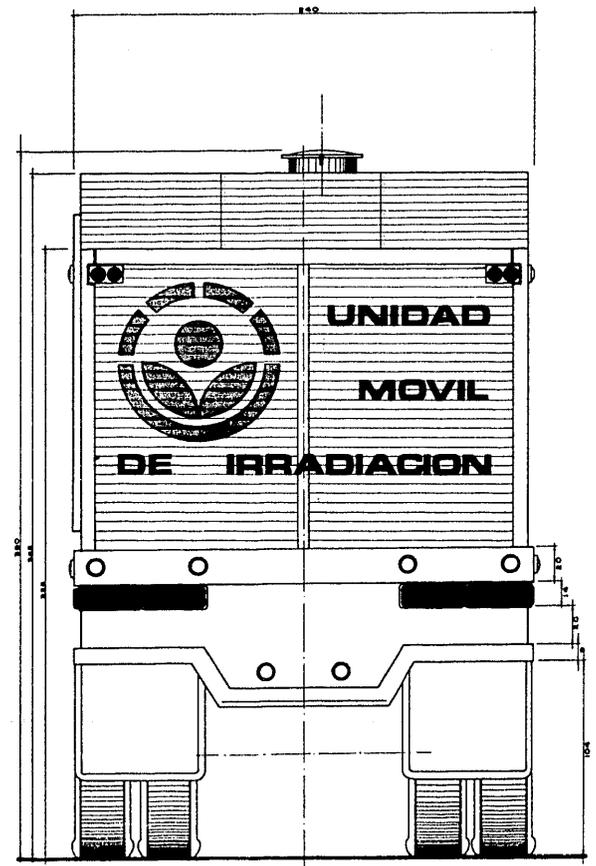
autorización	JAIMÉ CORONA CORTÉS	n° 90	fecha: Feb-75
escala	DIAGRAMA ELECTRICO.		hoja: 10
			12



detalle del embrague  
pistón neumático - mov. de la fuente.



vista anterior (trailer)

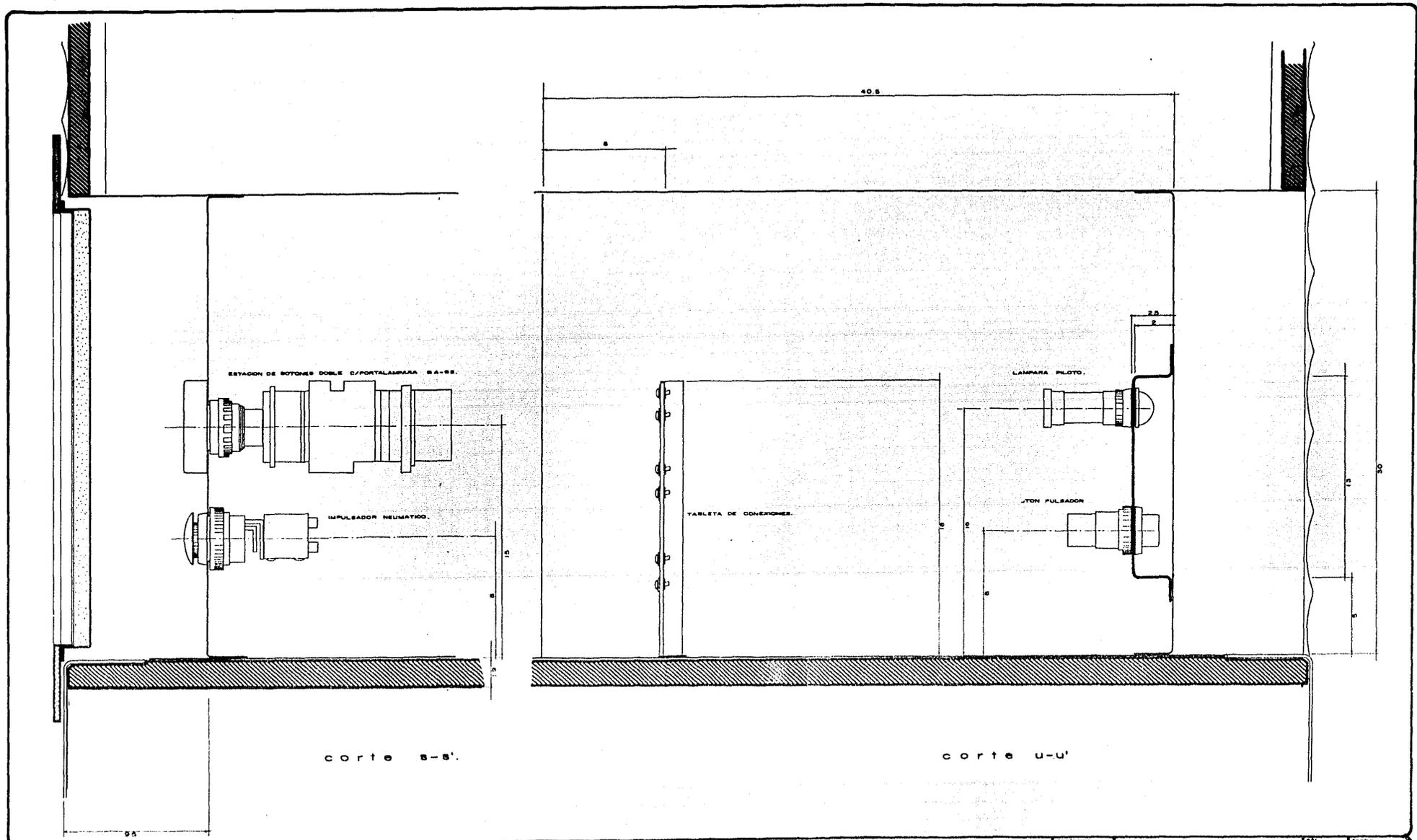


vista posterior (trailer)

diseño  
industrial.  
u. n. a. m.

Irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

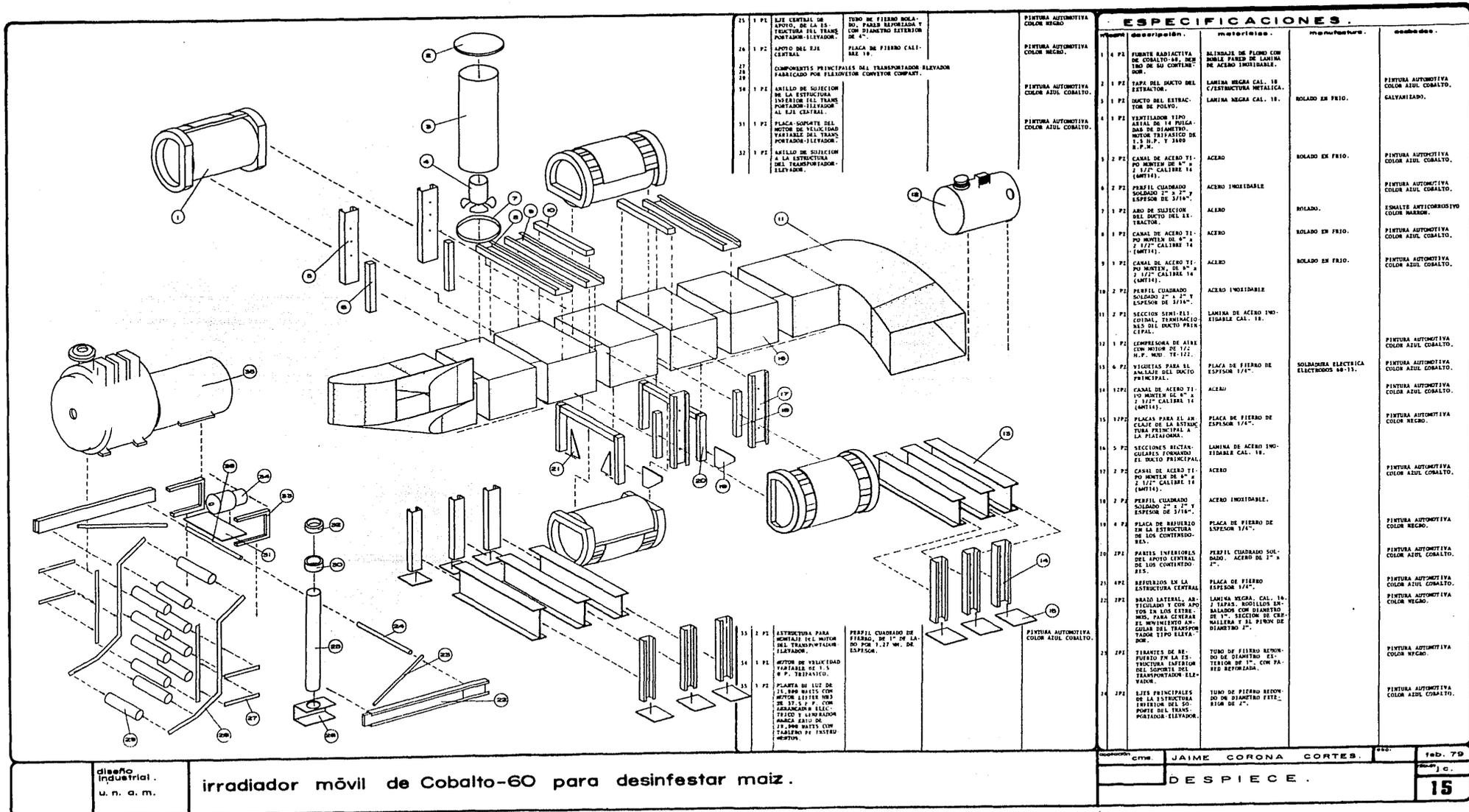
	DISEÑADOR: G.M.S. JAIMÉ CORONA CORTÉS.	FECHA: FEB-79
VISTAS ANTERIOR Y POSTERIOR.		13



diseño  
industrial.  
u. n. a. m.

Irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maíz.

	DISEÑO C.M.S.	JAIME CORONA CORTES	ESC	Fecha feb-73
TABLERO DE CONTROL cortes s-s' y u-u'.				J.C. 14



25	1 P1	EJE CENTRAL DE SOPORTE DE LA ESTRUCTURA DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR.	TIPO DE FIERRO ROLADO, PARED REFORZADA Y CON DIAMETRO EXTERIOR DE 4".
26	1 P2	APOYO DEL EJE CENTRAL.	PLACA DE FIERRO CALIBRE 10.
27		COMPONENTES PRINCIPALES DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR FABRICADOS POR ELEVATION CONVEYOR COMPANY.	
28			
29	1 P1	ANILLO DE SUJECION DE LA ESTRUCTURA INTERIOR DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR AL EJE CENTRAL.	
30	1 P1	PLACA SOPORTE DEL MOTOR DE VELOCIDAD VARIABLE DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR.	
31	1 P1	VENTILADOR TIPO BARRIL DE 14 PULGADAS DE DIAMETRO, MOTOR TRI-FASICO DE 1/2 H.P. Y 3400 R.P.M.	
32	1 P1	ANILLO DE SUJECION A LA ESTRUCTURA DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR.	

33	1 P1	ESTRUCTURA PARA SOPORTE DEL MOTOR DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR.	PERFIL CUADRADO DE FIERRO, DE 1" DE LADO POR 1.27 MM. DE ESPESOR.
34	1 P1	MOTOR DE VELOCIDAD VARIABLE DE 1/2 H.P. TRI-FASICO.	
35	1 P2	PLANTA DE LIT DE 15,000 WATTS CON MOTOR ESTEREO DE 1/2 H.P. CON REGULACION ELECTRICIDAD Y APLICACION PARA CALOR DE 15,000 WATTS CON TUBERNO DE INYECION MISTURA.	

PINTURA AUTOMATICA COLOR NEGRO.	1	4 P2	FIMBRES RADIACTIVAS DE COBALTO-60, SERIE DE SU CONTENIDOR.
PINTURA AUTOMATICA COLOR AZUL COBALTO.	2	1 P2	TAPA DEL DUCTO DEL EXTRACTOR.
PINTURA AUTOMATICA COLOR AZUL COBALTO.	3	1 P2	DUCTO DEL EXTRACTOR DE POLVO.
PINTURA AUTOMATICA COLOR AZUL COBALTO.	4	1 P2	VENTILADOR TIPO BARRIL DE 14 PULGADAS DE DIAMETRO, MOTOR TRI-FASICO DE 1/2 H.P. Y 3400 R.P.M.
	5	2 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).
	6	2 P2	PERFIL CUADRADO SOLDADO 2" x 2" Y ESPESOR DE 3/16".
	7	1 P2	ARO DE SUJECION DEL DUCTO DEL EXTRACTOR.
	8	1 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).
	9	1 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).
	10	2 P2	PERFIL CUADRADO SOLDADO 2" x 2" Y ESPESOR DE 3/16".
	11	2 P2	SECCION SINI-ELECCION, TERMINADO DES DEL DUCTO PRINCIPAL.
	12	1 P2	COMPRESORA DE AIRE CON MOTOR DE 1/2 H.P. WEG. T-121.
	13	4 P2	VIGUETAS PARA EL ANCLAJE DEL DUCTO PRINCIPAL.
	14	1 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).
	15	1 P2	PLACA PARA EL ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL A LA PLANTACION.
	16	5 P2	SECCIONES RECTANGULARES FORMANDO EL DUCTO PRINCIPAL.
	17	2 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).
	18	2 P2	PERFIL CUADRADO SOLDADO 2" x 2" Y ESPESOR DE 3/16".
	19	4 P2	PLACA DE REFORZO EN LA ESTRUCTURA DE LOS CONTENEDORES.
	20	2 P2	PARTES INFERIORES DEL APORTE INTERIOR DE LOS CONTENEDORES.
	21	4 P2	REFORZO DE LA ESTRUCTURA CENTRAL.
	22	2 P2	BRAZO LATERAL, ARTICULADO Y CON APOYOS EN LOS EXTREMOS, PARA CREAR EL MOVIMIENTO AN-CILAR DEL TRANSPORTADOR TIPO ELEVADOR.
	23	2 P2	TIPO DE FIERRO REFORZADO DE DIAMETRO EXTERIOR DE 1", CON PARED REFORZADA.
	24	2 P2	EJES PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA INTERIOR DEL SOPORTE DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR.

ESPECIFICACIONES.			
cantidad	descripcion	material	observaciones
1	4 P2	FIMBRES RADIACTIVAS DE COBALTO-60, SERIE DE SU CONTENIDOR.	MEJORA DE FLEJO CON BUENA PAREJA DE LAMINA DE ACERO INOXIDABLE.
2	1 P2	TAPA DEL DUCTO DEL EXTRACTOR.	LAMINA NEGRA CAL. 10 / ESTRUCTURA METALICA.
3	1 P2	DUCTO DEL EXTRACTOR DE POLVO.	ROLADO EN FRIO.
4	1 P2	VENTILADOR TIPO BARRIL DE 14 PULGADAS DE DIAMETRO, MOTOR TRI-FASICO DE 1/2 H.P. Y 3400 R.P.M.	ROLADO EN FRIO.
5	2 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).	ACERO
6	2 P2	PERFIL CUADRADO SOLDADO 2" x 2" Y ESPESOR DE 3/16".	ACERO INOXIDABLE
7	1 P2	ARO DE SUJECION DEL DUCTO DEL EXTRACTOR.	ACERO
8	1 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).	ACERO
9	1 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).	ACERO
10	2 P2	PERFIL CUADRADO SOLDADO 2" x 2" Y ESPESOR DE 3/16".	ACERO INOXIDABLE
11	2 P2	SECCION SINI-ELECCION, TERMINADO DES DEL DUCTO PRINCIPAL.	LAMINA DE ACERO INOXIDABLE CAL. 10.
12	1 P2	COMPRESORA DE AIRE CON MOTOR DE 1/2 H.P. WEG. T-121.	
13	4 P2	VIGUETAS PARA EL ANCLAJE DEL DUCTO PRINCIPAL.	PLACA DE FIERRO DE ESPESOR 1/4".
14	1 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).	ACERO
15	1 P2	PLACA PARA EL ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL A LA PLANTACION.	PLACA DE FIERRO DE ESPESOR 1/4".
16	5 P2	SECCIONES RECTANGULARES FORMANDO EL DUCTO PRINCIPAL.	LAMINA DE ACERO INOXIDABLE CAL. 10.
17	2 P2	CANAL DE ACERO TIPO MONTE DE 8" x 2 1/2" CALIBRE 10 (MPT14).	ACERO
18	2 P2	PERFIL CUADRADO SOLDADO 2" x 2" Y ESPESOR DE 3/16".	ACERO INOXIDABLE.
19	4 P2	PLACA DE REFORZO EN LA ESTRUCTURA DE LOS CONTENEDORES.	PLACA DE FIERRO DE ESPESOR 1/4".
20	2 P2	PARTES INFERIORES DEL APORTE INTERIOR DE LOS CONTENEDORES.	PERFIL CUADRADO SOLDADO, ACERO DE 1" x 2" Y ESPESOR 1/4".
21	4 P2	REFORZO DE LA ESTRUCTURA CENTRAL.	PLACA DE FIERRO ESPESOR 1/4".
22	2 P2	BRAZO LATERAL, ARTICULADO Y CON APOYOS EN LOS EXTREMOS, PARA CREAR EL MOVIMIENTO AN-CILAR DEL TRANSPORTADOR TIPO ELEVADOR.	LAMINA NEGRA, CAL. 10 / TAPAS, RODILLOS DE BARRIL CON DIAMETRO DE 1", SECCION DE CERRILLERA Y EL PINON DE DIAMETRO 2".
23	2 P2	TIPO DE FIERRO REFORZADO DE DIAMETRO EXTERIOR DE 1", CON PARED REFORZADA.	
24	2 P2	EJES PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA INTERIOR DEL SOPORTE DEL TRANSPORTADOR ELEVADOR.	TIPO DE FIERRO REFORZADO DE DIAMETRO EXTERIOR DE 1", CON PARED REFORZADA.

diseño  
Industrial.  
u. n. a. m.

irradiador móvil de Cobalto-60 para desinfectar maiz.

# análisis de pre-inversión

En este estudio económico, se presentan los aspectos generales que intervienen para tener una idea de la rentabilidad del irradiador móvil de Cobalto-60. Cada uno de los aspectos está tratado de la siguiente manera:

- a) Análisis de la inversión, el irradiador está desglosado por sistemas, en donde se han puesto los importes respectivos, tomados de su propia cotización a la fecha, hecha por la manufactura correspondiente.
- b) Análisis del costo de operación, donde se ha estimado tanto, el número de operadores que se emplearán como los sueldos y prestaciones respectivas.
- c) Gastos, que son el mantenimiento del vehículo, la operación del vehículo así como las manobras que se requerirán.

(dic-78) DUCTO DE ACERO INOXIDABLE.....	\$ 14,625.00	20 años	6,000.00	431.00
(feb-79) BLINDAJE DEL DUCTO..... A base de plomo con 5% de antimonio. Incluyendo un forro exterior de lámina negra.	\$ 900,000.00	20 años	765,000.00	6,750.00
(sep-78) PLATAFORMA SEMI REMOLQUE..... Alta, con capacidad de carga de 40-50 ton.	\$ 255,000.00	10 años	80,000.00	17,500.00
(feb-79) CARROCERIA DE LA PLATAFORMA.....	\$ 54,720.00	10 años	10,000.00	4,472.00
(julio-78) TRANSPORTADOR INTERIOR..... De acero inoxidable fabricado por Flexoveyor Conveyor Company.	\$ 24,500.00	7 años	2,450.00	3,150.00
(agos-78) EXTRACTOR DE POLVO..... Con ventilador tipo axial de 14 pulgadas de diámetro. 3600 r.p.m.	\$ 9,000.00	20 años	1,000.00	400.00
(feb-79) COMPRESOR DE 1/2 H.P.....	\$ 13,875.00	20 años	1,000.00	643.75
(dic-78) TABLERO GENERAL DE CONTROL.....	\$ 23,000.00	7 años	300.00	3,242.80

**ANALISIS DE LA MANO DE OBRA DIRECTA**

SUELDOS:	anuales
Conductor del vehículo.....	\$ 120,000.00
Técnico especialista. (manejo de fuentes radiactivas).....	\$ 300,000.00
Técnico auxiliar. (manejo de sistemas electromecánicos).....	\$ 168,000.00
PRESTACIONES: infonavit, seguro social, remuneraciones, aguinaldo, primas, primas de antigüedad. (estimadas globalmente al 30% del sueldo).....	\$ 176,400.00
<b>T O T A L</b>	<b>\$ 764,400.00</b>

**GASTOS (estimación anual)**

Mantenimiento del vehículo.....	\$ 130,000.00
Operación del vehículo.....	\$ 20,000.00
Maniobras. (alimentar a los transportadores y estibar los sacos) \$ 20.00 x ton.....	\$ 6,000,000.00
<b>T O T A L</b>	<b>\$ 6,150,000.00</b>

**COSTO ANUAL**

depreciación anual, unidad móvil \$ 323,989.60  
mano de obra directa (anual)... \$ 764,400.00  
gastos (anual)..... \$ 6,150,000.00

**T O T A L \$ 7,238,389.60**

Se puede decir que la unidad móvil es capaz de irradiar 100,000 ton durante 4 meses, es decir, 300,000 ton al año. Por lo tanto:

Volúmen de maíz irradiado al año  
300,000 ton.

Costo anual  
\$ 7,238,389.60

= \$ 24.12 pesos x ton.  
= \$ 0.024 pesos x Kg.

# conclusiones

- 1 La unidad móvil de irradiación será capaz de tratar un promedio de 100,000 ton de maíz durante 4 meses, es decir, 300,000 ton al año. El maíz sería tratado una sola vez durante el tiempo de almacenamiento y sin modificar mayormente las condiciones, el sistema y la inversión que ya se tiene actualmente en Bodegas Rurales Conasupo, S.A.
- 2 La fabricación de ésta unidad móvil, a excepción de las 4 fuentes radiactivas de Cobalto 60, es factible realizarse en México ya que la unidad contiene elementos y sistemas de operación existentes en el país.
- 3 La operación del vehículo así como el manejo de las fuentes radiactivas bajo las normas de seguridad que se requerirían para el uso de la unidad móvil, no ofrecen ningún obstáculo, ya que en México contamos con el personal capacitado para ello.
- 4 El nivel de seguridad con el que fué diseñada la unidad, es superior al nivel establecido por las autoridades correspondientes, en el manejo y utilización de fuentes radiactivas.
- 5 El análisis de pre-inversión, nos permite ver que la realización de esta unidad móvil representa una inversión recuperable en 5 años aproximadamente.
- 6 La depreciación anual, así como la mano de obra directa y gastos, repercutirían en el kilogramo de maíz a razón de 2.4 centavos.
- 7 Este diseño puede representar una de varias soluciones que se podrían adoptar para el mejoramiento de nuestros sistemas de conservación ó como un complemento de otro sistema, pero lo más importante es que el maíz y los granos en general forman parte fundamental en nuestra alimentación y es necesario mejorar nuestra producción tanto en cantidad como en calidad.

# **bibliografía**

- 1) E. Adem Ch. y J. Reyes L., "Observaciones de almacenamiento de maíz, de dos procedencias diferentes, irradiados con gammas del Cobalto 60", IFUNAM-73-401 (1973).
- 2) E. Adem Ch., et al. "Estudio de la dosis óptima de desinfestación en la irradiación con gammas del Cobalto 60 en una muestra específica de maíz", IFUNAM-74-401 (1974).
- 3) E. Adem Ch. y J. Reyes L., "Pruebas organolépticas con maíz irradiado a 25 KR", IFUNAM-74-403 (1974).
- 4) E. Adem Ch. y J. Reyes L., "Prueba germinativa de maíz irradiado a distintas dosis", IFUNAM-74-404 (1974).
- 5) E. Adem Ch. et al., "Diseño y construcción de una planta piloto para la desinfestación de maíz a granel, por electrones", IFUNAM-74-408 (1974).
- 6) E. Adem Ch., et al., "Disinfestation of maize by irradiation", Radiat. Phys. Chem. 9, 763-768 (1977).
- 7) E. Adem Ch., "Estudio de la dosis óptima de desinfestación en la irradiación con gammas del Cobalto 60 en una muestra específica de maíz", IFUNAM74-401 (1974).
- 8) US Department of Health, Education and Welfare, "Radiological Health Handbook", Rockville, Maryland (1971) Pag. 32.
- 9) *ibid*, pag. 131.
- 10) International Labour Office, "Manual of Industrial Radiation Protection. Part III. General Guide on Protection against Ionising Radiations", Geneva (1963), Pag. 91.
- 11) US Department of Health, Education and Welfare, *idem*, pag. 147.
- 12) International Labour Office, *idem*, pag. 92.
- 13) D.M. Ruwe, "Gamma-ray attenuation coefficients of grains and forages", Thesis Iowa State University of Science and Technology, (1964), pag. 72.
- 14) E. Adem Ch., y J. Reyes L., "Desinfestación de maíz por irradiación", Rev. Tecnol. Aliment. (Méx) 10, 242-248 (1975).
- 15) J.F. Diehl, "Preservation of Food", Radiat. Phys. Chem. 9, 193-206 (1977).
- 16) Atomic Energy of Canada, Ltd. "Specifications-Gamma Sterilizer for medical products. JS-6200", (1972).



# agradecimientos

POR SU APOYO Y VALIOSA ASESORIA,  
BRINDADA A LO LARGO DE ESTA TESIS.

Fís. Javier Reyes Luján,  
Investigador Titular B del Instituto de Física, U.N.A.M.

Arq. Fernando López Carmona,  
Profesor y Asesor de Tesis, Escuela de Diseño Industrial, U.N.A.M.

Arq. Horacio Durán Navarro,  
Profesor y Asesor de Tesis, Escuela de Diseño Industrial, U.N.A.M.

Dr. Jorge Flores Valdés,  
Director del Instituto de Física, U.N.A.M.

POR EL INTERES, POR LA INFORMACION  
Y POR LAS FACILIDADES OTORGADAS.

Dr. Fidencio Puente Flores,  
Gerente General de Bodegas Rurales Conasupo, S.A. (BORUCONSA).

Dr. Horacio T. Hernández,  
Sub-gerente de Almacenes y Conservación (BORUCONSA).

Ing. Antonio Rosendo H.,  
Jefe del Depto. Jefes Estatales y de Zona (BORUCONSA).

Ing. Manuel Morrayo,  
Jefe del Grupo Técnico (BORUCONSA).

Ing. Marino Benavídez Jiménez,  
Jefe Estatal en Toluca, México (BORUCONSA).

POR LA ASESORIA EN LOS ASPECTOS ECONOMICOS.

L.A.E. Abel Salto.

C.P.T. Raúl Archundia.

POR SU COLABORACION.

Kenworth Mexicana, S.A.

Técnicos en Aire, S.A.

Wilfley Latinoamericana, S.A.

Construcciones Industriales Mecánicas, S.A.

Motores y Generadores de México, S.A.

Festo Pneumatic, S.A.

Fundentes y Metales, S.A.

POR LA REDACCION Y TRABAJO SECRETARIAL.

Sra. Margarita Helguera.

Srita. Dolores Anguiano Baeza.