

**“ESTUDIO SOBRE ATENUACION DE RADIACION IONIZANTE POR MEDIO
DE DIFERENTES MATERIALES DE CONSTRUCCION Y BARITA
(SULFATO DE BARIO) CON DIFERENTES TIPOS DE PINTURA
UTILIZADOS COMO VEHICULO, EN LA CLINICA DENTAL
COMO MATERIAL ALTERNATIVO DE PROTECCIÓN”.**

Tesis presentada por

FRANCIA ELIZABETH ANGEL SIGUENZA

**ANTE EL TRIBUNAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, QUE PRACTICÓ
EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO, PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE**

CIRUJANO DENTISTA

GUATEMALA, JUNIO DE 2003

DL
09
T(1691)

II

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Manuel Miranda Ramírez
Vocal Segundo:	Dr. Alejandro Ruiz Ordóñez
Vocal Tercero:	Dr. Cesar Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Ricardo Hernández Gaitán
Vocal Quinto:	Br. Augusto Wehncke Azurdia
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PUBLICO

Decano:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo
Vocal Primero:	Dr. Cesar Mendizábal Girón
Vocal Segundo:	Dr. Guillermo Escobar López
Vocal Tercero:	Dr. Victor Hugo Lima Sagastume
Secretario:	Dr. Otto Raúl Torres Bolaños

III

ACTO QUE DEDICO A:

**A La Santísima
Trinidad, La Virgen
María y Al Santo
Hermano Pedro.**

Por darme la fortaleza para seguir adelante
guiar mis pasos por el camino del amor y el respeto.

A mi padre

Mario Fernando Angel Por su apoyo, amor. Y aun que
se que en este momento no está presente, se que siempre
ha estado a mi lado para guiarme y protegerme. Mi amor
eterno.

A mi madre

Rosa Marina Siguenza de Angel por haberme dado la
vida, amor, cariño y comprensión. Gracias por ser mi
mejor amiga.

A mis hermanos

María y Maria, Jorge Mario, Luis fernando y a su esposa
Luz Amanda Tobar de Angel por los buenos momentos
compartidos.

A mis sobrinos

Olga Maria, Rosa María, Jorge Mario, Andrea Fernanda,
María Luisa y Amandita Gabriela. Por su cariño.

A mis abuelitos

María del Carmen Camas, Maria del Carmen de
Siguenza, José Benito Siguenza. Por su cariño.

A mis tios

José Antonio Siguenza y su esposa Vilma Ramirez,
Rogelio Camas, Carmen Esperanza de Donis, Gabriel
Siguenza, Marcelino Siguenza, Maria Anita Siguenza,
Judith Angel, Lesbia Angel, Emma Angel.

A mi novio

Erick Fernando Soto Comparini. Por tu amor, paciencia,
apoyo, pero sobre todo por ser mi mejor amigo. Gracias
por los bellos momentos compartidos.

A mis amigos

Lorena Rosibel Echeverría, Cesar Augusto Morales y
Antonio Lopez. Por su amistad.

IV

TESIS QUE DEDICO A

A GUATEMALA:	Patria amada, Dios bendiga tu nación.
A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:	Gloriosa Academia bendita de Dios.
A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA:	Gracias por los conocimientos que hoy me permiten culminar esta carrera.
AL ESTABLECIMIENTO EDUCATIVO:	Grupo Escolar Centroamericano, al Instituto Simón Bolívar. Gracias por ser parte de mi formación académica.
A MIS CATEDRÁTICOS EN GENERAL:	Gracias por todos los conocimientos que hoy me llevan a culminar esta carrera.
A MIS ASESORES	Dr Guillermo Escobar López y Licda Diana Freyre de Nave. Por su apoyo, ayuda, amistad y paciencia.
A MIS REVISORES	Dr. Victor Hugo Lima Sagastume. Por su ayuda y amistad. Dra Dora King de García.
A MI TIO	José Antonio Siguenza. Por su cariño, apoyo y comprensión. Mil Gracias.
A MI FAMILIA EN GENERAL, POR EL CARIÑO, A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCION. A LOS INGENIEROS CESAR GARCIA, CESAR BARRIOS Y AL LICENCIADO ANGEL OSORIO POR SU GRAN AYUDA.	

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

“ESTUDIO SOBRE ATENUACION DE RADIACION IONIZANTE POR MEDIO DE DIFERENTES MATERIALES DE CONSTRUCCION Y BARITA (SULFATO DE BARIO) CON DIFERENTES TIPOS DE PINTURA UTILIZADOS COMO VEHICULO, EN LA CLINICA DENTAL COMO MATERIAL ALTERNATIVO DE PROTECCION”, conforme lo demandan los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de

CIRUJANO DENTISTA

Expreso mis agradecimientos a mis asesores Dr Guillermo Escobar López y Licda. Diana Freire de Nave, a mis revisores Dr, Victor Hugo Lima Sagastume y Dra. Dora King, y a mis padrinos, Dr. Guillermo Escobar López, Dr. Erick Fernando Soto, Dr. Juan José Barrios y Dr José Guillermo Ordoñez Mendía.

Y a ustedes distinguidos miembros del tribunal examinador, reciban mis más altas muestras de admiración y respeto.

INDICE

1) SUMARIO	1
2) INTRODUCCION	3
3) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
4) JUSTIFICACION	7
5) REVISION DE LITERATURA.....	11
6) OBJETIVOS	38
7) VARIABLES	40
8) METODOLOGIA.....	41
9) PRESENTACION DE RESULTADOS	49
10) ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	51
11) CONCLUSIONES	67
12) RECOMENDACIONES	68
13) BIBLIOGRAFIA.....	69

SUMARIO

Esta investigación tuvo como objetivo principal comparar el porcentaje de atenuación de la radiación que se obtiene cuando a pinturas convencionales de aceite y de agua, se les agrega barita (Sulfato de Bario).

En este estudio se investigaron tres tipos de pintura, una de aceite identificada como PA, una de agua identificada como PW y una a base de aceite que contenía plomo identificada como PP, sobre los materiales que comunmente se utilizan como divisiones en las clínicas dentales, tal es el caso de plywood (madera prensada en capas), tabla yeso y fibrolit (cemento prensado y cartón).

Para la parte experimental se hicieron probetas de 30 por 30 centímetros, de los materiales arriba descritos, dejando una como testigo sin pintura y luego tres de cada una para las tres pinturas en estudio, para así poder aplicarles 3, 6 y 9 aplicaciones de pintura. A cada una de las probetas se les asignó un registro para poder identificarlas. Paso seguido fué llevarlas al laboratorio secundario de energía nuclear del Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.), en donde se les irradió por veinte segundos a una energía de 70 kV y 20 miliamperios para simular la radiación proveniente de un equipo de rayos X dental y se midió la cantidad de milisieverts (mv.), que cada probeta dejaba pasar, se repitió este procedimiento 5 veces, anotando los registros obtenidos en una ficha, sacándole a cada grupo de registros el promedio. Luego se tradujo a porcentaje, para que fuera más fácil determinar la cantidad que cada probeta atenuaba la radiación.

Con la ayuda de cuadros y gráficas estadísticas se pudo comparar de una manera más fácil los resultados obtenidos. En los cuales se puede observar que las pinturas en estudio fueron efectivas en la mayoría de los casos cuando fueron aplicadas en tablayeso, mostrando en estos casos el mayor porcentaje de atenuación contra la radiación ionizante. Luego fueron tan solo de un 4% a 6% menores los porcentajes de atenuación contra la radiación, cuando se aplicaron sobre fibrolit. No fueron igual de efectivas las pinturas cuando se aplicaron sobre el plywood, ya que los porcentajes de atenuación decayeron hasta un 13% y presentaron poca o ninguna relación de protección a medida que se incrementaban las aplicaciones de pintura, es decir no hubo relación lógica de; a mayor cantidad de aplicaciones mayor protección.

INTRODUCCION

Desde el comienzo de la era atómica hasta la fecha, los investigadores han tenido varias décadas para descifrar los efectos producidos por la radiación en el cuerpo humano. Sin embargo todavía queda mucho que aprender y conocer.

Los investigadores saben que las radiaciones de rayos X o rayos gamma, pueden causar lesiones en las moléculas de ADN que contienen la información genética de cada célula (4,13).

Cuando las lesiones o roturas en una hebra de la hélice del ADN no son graves o están separadas entre sí, pueden reconstruirse solas por mecanismos de defensa naturales del organismo. Pero cuando las lesiones están agrupadas de tal forma que coinciden en las dos hebras de la doble hélice del ADN las consecuencias pueden resultar mucho más serias.

En este caso, pueden desencadenar la muerte de la célula huésped o convertirla en cancerosa. (6)

Los rayos X constituyen en las ciencias de la salud una ayuda diagnóstica de mucho valor, siendo en la práctica odontológica de uso diario. El uso indiscriminado y no controlado de esta ayuda diagnóstica, puede provocar problemas de diversa índole y magnitud en pacientes pero más importante en el personal odontológico que está expuesto a la radiación de manera constante. (13)

Esta investigación tiene el fin de sugerir un material adicional de protección contra la radiación, el cual luego de las pruebas de efectividad y aplicación, pueda ser utilizado en la clínica dental como barrera de protección contra la radiación producida por los equipos dentales de rayos X, la cual es baja. Es importante mencionar que la radiación utilizada en diagnóstico médico es mucho mayor.

Uno de los materiales de protección más utilizados es el plomo, debido a sus excelentes características de blindaje. La intención de este estudio, es investigar las propiedades de blindaje y protección de la Barita (Sulfato de Bario), para utilizarlo como material alternativo y no como un sustituto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mayoría de odontólogos de la ciudad de Guatemala, no aplican en sus clínicas dentales las medidas más adecuadas en lo que respecta a la protección radiológica. (15)

Según Sittler (15), el odontólogo de la ciudad de Guatemala tiene un conocimiento adecuado sobre las medidas de protección radiológica que deben de utilizarse en el consultorio dental, pero al aplicarlas se comprobó que el 94.65 % no lo usan.

La distancia de 2 metros como protección al operador (1) no se emplea debido al espacio reducido de los consultorios dentales, el uso de los equipos de rayos X dentales, no es seguro para el operador y su personal. Otra barrera de protección es el plomo, el cual es de alto costo igual que el ladrillo y las fundiciones de concreto.

Por eso surge la necesidad de investigar otros materiales alternativos eficaces que sirvan como barreras de protección radiológica y que sean de bajo costo. El material compuesto de Barita (Sulfato de Bario), puede ser la alternativa, ya que debido a su alto peso molecular y altas propiedades roentgenopacas, puede brindar protección contra la radiación.

Este material se utiliza en la industria para darle cuerpo a la pintura y otros materiales decorativos. Puede ser el material indicado para cumplir con la necesidad de protección contra la radiación por aparato de rayos x dental, pero el interés es determinar la proporción, el espesor y a qué distancia se puede utilizar como blindaje.

No existe un estudio científico para comprobar la efectividad de este producto, en relación a protección radiológica, y el cual es utilizado en medicina como medio de contraste en la radiología del tubo digestivo. (4)

En virtud de lo anterior surge la interrogante. ¿Será la barita un material, que debido a su alto peso molecular, propiedades químicas y físicas, provea de una barrera o blindaje contra la radiación ionizante utilizada en el consultorio dental?.

JUSTIFICACION

Habiéndose establecido que los rayos X es uno de los mejores auxiliares para el diagnóstico en Odontología y que un alto porcentaje de Odontólogos los usan; así también sabiendo que pueden causar daño al ser mal empleados, se debe contar con todos los medios e información posibles para contribuir a proteger a los operadores y pacientes.

En Guatemala se hizo un estudio en donde se demostró que las medidas de seguridad no son aplicadas por un 94.65% de Odontólogos en la ciudad capital (15), por lo que se considera justificable efectuar un estudio con el que se pueda sugerir con pruebas científicas, un material para ser empleado en los consultorios dentales como barrera de protección contra la radiación producida por los aparatos dentales de rayos X, y que pueda ser aplicado en las divisiones de los distintos ambientes del mismo.

Debido a que el costo de las medidas de protección, son muy onerosas y aunado a ello no se cuenta con locales amplios para el establecimiento de clínicas dentales, se considera necesario realizar el estudio del sulfato de bario como posible barrera de protección contra la radiación más accesible.

Hasta el momento en la Facultad de Odontología no se tiene conocimiento que se haya realizado un estudio que determine que la barita sea una alternativa de protección contra la radiación, debido a las características que tiene el bario de ser un material altamente roentgenopaco.

Para la realización de este estudio se contó con la asesoría de la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas a través de la Subdirectora General de Energía, Licenciada Diana Freire de Nave, quién prestó su colaboración técnica, logística y científica para la realización de la investigación, facilitó todo lo necesario para la comprobación de dosimetría, coordinó el uso de detectores de radiación, se contó además con los laboratorios del Ministerio y personal que se requirió para la realización del estudio.

REVISION DE LITERATURA

RADIACION

El hombre vive rodeado por todo tipo de radiación de origen artificial y natural, todo lo que rodea emite alguna forma de radiación natural: como el suelo, el agua, los alimentos, aparatos de televisión, su propio cuerpo y los rayos cósmicos.

En Guatemala la principal fuente de radiación artificial lo constituye los equipos de rayos X para uso médico.

Las radiaciones X, son ondas electromagnéticas similares a las ondas de radio y luz visible. La diferencia básica entre la radiación ionizante y las ondas de radio y la luz visible es su frecuencia y debido a ésta, su capacidad de atravesar cuerpos sólidos y en su viaje a través de ellos, de arrancar electrones a los átomos con los que interactúan, proceso al que se le conoce como ionización.

La expresión "RADIACIÓN IONIZANTE" abarca rayos X, rayos gamma, partículas alfa, beta, neutrones y todo tipo de partícula elemental que tenga energía cinética. Los tipos de radiaciones ionizantes más utilizados en el país son los rayos gamma y los rayos X, los cuales se diferencian entre sí básicamente por su origen: los rayos gamma se generan dentro del núcleo del átomo, mientras que los rayos X en la estructura orbital electrónica del mismo.

En medicina se utiliza como medio de diagnóstico permitiendo a los médicos detectar estados que no pueden ser identificados por otro método clínico, para el efecto se utiliza la radiografía de rayos X.

Las radiaciones electromagnéticas incluyen entre otras los rayos X y los rayos gamma; tienen la característica de ser muy penetrantes, pero pueden ser detenidos por paredes de plomo, concreto y otro material de alto peso molecular.

Si no se aplican normas de seguridad radiológica se pueden presentar daños en la salud de las personas que trabajan con fuentes emisoras de radiación. En el caso de la radiología, la radioterapia y otras aplicaciones existe el riesgo para el personal ocupacionalmente expuesto y para el paciente, de aquí el uso de métodos y técnicas de protección radiológica. (15)

RAYOS X

Los rayos X que fueron producidos por Morgan en 1785, por Plucker en 1850 y por Lener en 1802, entre otros, quienes experimentaron el paso de una corriente de alta tensión a través de gases de baja presión, después fueron descubiertos por Roentgen en 1895, al observar la fluorescencia provocada por los mismos.

Wilhen Konrad Von Roentgen, profesor de Física de la Universidad de Wurzburg en Baviera, Alemania, se encontraba experimentado con rayos catódicos cuando observó, accidentalmente, fluorescencia en los cristales de platino –cianuro de bario, los cuales se encontraban a alguna distancia del

tubo del aparato de rayos X. Roentgen encontró que este fenómeno era debido a un rayo previamente desconocido, por lo que lo llamó Rayos X.

Roentgen, estableció la mayoría de las propiedades de la radiación X, y comunicó sus observaciones en diciembre de 1895, marzo de 1896 y mayo 1897. Los rayos X fueron utilizados en Odontología desde 1,896. Este descubrimiento lo hizo acreedor del Premio Nobel en Física. (15)

PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

1. Longitud de onda corta, por lo que le permite penetrar objetos.
2. Viaja en línea recta, a una velocidad de 300,000 Kms. por segundo.
3. Produce en películas sensibles, un registro latente, el cual se puede hacer visible por medio del procesado.
4. No es afectada por campos magnéticos.
5. Es capaz de proyectar sombras de objetos.
6. Es capaz de ionizar compuestos.
7. No es visible al ojo humano.
8. Produce modificaciones biológicas, somáticas y genéticas, lo que permite emplearlos en terapéuticas y también obliga a utilizarlas con precaución (15).

TUBO DE RAYOS X

El tubo de rayos X consiste en una envoltura de cristal, herméticamente cerrada al vacío la cual contiene dos partes fundamentales: Anodo y Cátodo.

El ánodo, electrodo positivo (+), es de cobre, por ser un excelente conductor térmico. En su parte anterior, la cual se encuentra ubicada en el centro del tubo, tiene un bloque de tungsteno llamado blanco.

La zona del blanco donde chocan los electrones se llama punto focal. El tamaño del punto focal afecta la calidad de la imagen radiográfica, cuanto más pequeño es el punto focal, mejor será el detalle de la imagen.

El cátodo, electrodo negativo (-), consiste en un filamento de alambre de tungsteno en forma de espiral, el cual se encuentra dentro de un recipiente de molibdeno en forma de copa y a una distancia de 2.40 cms. del ánodo. El filamento, calentado por una corriente eléctrica de bajo voltaje, actúa como fuente de electrones, los cuales son emitidos por el alambre de tungsteno.

El tubo de rayos X está provisto de dos circuitos eléctricos: el circuito ánodo-cátodo y el circuito del filamento. El circuito del filamento requiere bajo voltaje mientras que el circuito ánodo-cátodo requiere alto voltaje.

La radiación X es producida por la conversión de energía eléctrica (diferencia de potencial entre el ánodo-cátodo), en energía cinética. En otras palabras, al dirigir una corriente de electrones hacia el blanco de tungsteno del ánodo y al chocar contra éste se produce radiación X. Cuanto más alto es el voltaje mayor es la velocidad de los electrones; esto produce radiación de onda corta, la cual tiene mayor poder de penetración. Cuanto más bajo es el voltaje menor es la velocidad de los electrones, lo cual produce radiación de longitud de onda larga la cual tiene menor poder de penetración.

El kilovoltaje controla la velocidad de cada electrón. El número de electrones está controlado por la temperatura del filamento del cátodo. Cuanto más caliente esté el filamento más electrones serán emitidos y estarán disponibles para formar la corriente de electrones. El número de electrones por segundo, en el tubo de rayos X se mide en miliamperios.

El haz de radiación consiste en una serie de pulsaciones cuya frecuencia depende del número de ciclos por segundo de la corriente eléctrica, en otras palabras, en cada segundo de exposición habrán 60 pulsaciones de radiación X, en cada medio segundo habrán 30 pulsaciones, etc.

La radiación X y la luz son similares en cuanto a que irradian desde la fuente de donde se produce hacia todas direcciones, a no ser que sean detenidas por un material absorbente. Por esta razón el tubo de rayos X está encerrado en un recipiente metálico que bloquea la mayor parte de la radiación emitida, dejando pasar un haz, el cual sale del tubo a través de una ventana.

El haz de radiación útil está compuesto de radiaciones de diferentes longitudes de onda y por tanto diferente poder de penetración.

Alguna de la radiación que choca contra un objeto es dispersada en todas direcciones por los átomos del objeto, de manera similar en la forma en que la luz es dispersada por la niebla.

Esta radiación secundaria producida en esta forma se conoce como Radiación Dispersa.

Debido a este tipo de radiación, el tejido irradiado es una fuente de radiación eficaz, pero indeseada. Esta radiación produce una sobre-exposición en la imagen útil. El efecto de esta sobreexposición en la imagen es reducir el contraste, es decir, eliminar las graduaciones de grises en la imagen registrada en la película.

Una forma eficaz de reducir la radiación dispersa es reducir el haz primario de radiación a un área tan pequeña como sea posible, esto se logra por medio del diafragma o colimador.

Otra forma es la utilización de un filtro. El filtro bloquea la radiación de poco poder de penetración y deja pasar la radiación de alto poder de penetración.

La radiación dispersa puede originarse en los tejidos que se encuentran entre el tubo de rayos X en la película radiográfica y también en estructuras que se encuentran detrás de la película.

Para eliminar esta radiación dispersa posterior a la producida por estructuras localizadas detrás de la película, las películas están protegidas por una lámina de estaño y plomo, la cual se localiza en la cara de no exposición del paquete.

Absorción de Radiación: El grado en el que una sustancia absorbe radiación depende de tres factores:

1. Longitud de onda de la radiación.
2. Composición del objeto.
3. Espesor y Densidad del objeto.

Longitud de Onda de la Radiación: Parte de la radiación que llega a la superficie de un objeto es absorbida y por lo tanto no la atraviesa. La habilidad con que la radiación penetra objetos, depende de su longitud de onda; radiaciones con longitud de onda larga (producidas por kilovoltajes bajos) son absorbidos fácilmente, radiaciones de longitud de onda corta (producidas por kilovoltajes altos), penetran con más facilidad. (15)

Composición del Objeto: La absorción de radiación está en función directa a la composición atómica de los componentes del objeto.

Sustancias con números atómicos altos, absorben radiación más eficientemente que sustancias con números atómicos bajos. Es decir, sustancias con números atómicos altos no son atravesados por radiación tan fácilmente como aquellas con números atómicos bajos.

Espesor y Densidad del Objeto: Un objeto grueso absorbe más radiación que una fragmento más delgado del mismo objeto.

Estos factores son fundamentales puesto que, piezas dentarias, hueso y tejidos blandos no solo tienen espesores y densidades diferentes sino también están compuestos de sustancias o componentes diferentes, los cuales absorben radiación en proporciones distintas. Por ejemplo: estructuras dentales y óseas absorben más radiación que tejidos blandos; tejidos blandos absorben más radiación que espacios aéreos; entidades patológicas, generalmente absorben radiación de forma diferente de como ésta es absorbida por estructuras anatómicas normales.

La edad del paciente es otro factor que interviene directamente en la absorción de radiación; huesos adultos contiene más sales de calcio y por consiguiente absorben más radiación que huesos jóvenes, los cuales contienen menos sales de calcio. (15)

IMAGEN:

La imagen radiográfica es la composición de sombras producidas por la penetración proporcional de la radiación, a través de un objeto, las cuales se imprimen en una superficie registradora (película). Las sombras que forman la imagen son de colores negros, grises y blancos. (15)

FACTORES QUE AFECTAN LA IMAGEN RADIOGRAFICA:

1. Miliamperaje: Quiere decir, en términos de radiación emitida, cantidad de radiación, por lo que al aumentar el miliamperaje se aumenta la cantidad de rayos X y al disminuirlo disminuye ésta.

La brillantez de una imagen radiográfica puede variarse, incrementando o disminuyendo el miliamperaje, lo que dará como resultado una imagen más o menos brillante respectivamente.

2. Distancia: La radiación X, como la luz, obedecen a la ley de la Proporción Inversa, la cual establece que la intensidad varía inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que existe de la fuente al objeto. Por esta razón, dependiendo de la distancia, debe incrementarse o disminuirse la intensidad de la radiación.

3. Kilovoltaje: Uno de los efectos producidos por variaciones en Kilovoltaje es la modificación de la habilidad de la radiación al pasar a través de objetos.

Cuanto mayor es el poder de penetración de la radiación menor serán las variaciones de una región a otra en la imagen, puesto que la radiación pasa a través de todo el objeto.

Por otra parte, al aumentar el Kilovoltaje se produce radiación con mayor poder de penetración y también al disminuirlo se produce radiación con menor poder de penetración.

Se puede concluir entonces que cuando se utiliza miliamperaje o distancia para controlar intensidad, se produce variaciones en la brillantez de la imagen; y por el contrario, cuando se utiliza kilovoltaje se producen cambios en el contraste de la imagen. (15)

PROTECCION RADIOLOGICA

El radiodiagnóstico es la causa más importante de exposición humana a la radiación de fuentes artificiales. Desde principios del siglo XX se está trabajando en la protección de las aplicaciones médicas de las radiaciones. Se han creado aparatos y técnicas reconociendo la posibilidad de que produzcan efectos nocivos. De ahí que el grado de seguridad alcanzado a base de un juicio clínico competente, en general beneficia al paciente y compensa por entero el riesgo inevitable de irradiación.

Sin embargo, es inexcusable efectuar exámenes exponiendo innecesariamente al paciente. Se debe aplicar siempre el principio básico de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) de mantener todas las dosis de radiación “tan bajas como sea razonablemente factible”.

La comisión ha elaborado principios que permiten estimar hasta donde es razonable llegar en términos de costo y esfuerzos para reducir las exposiciones a la radiación. Estos métodos son aplicables en principio, pero deben aplicarse también en la práctica para proteger al paciente en radiodiagnóstico.

El objetivo de la protección radiológica del paciente ha evolucionado gradualmente desde la preocupación por la exposición de las poblaciones y los efectos hereditarios, a la ambición de limitar el riesgo al paciente en cuestión. El propósito es asegurar que las dosis son no sólo suficientemente bajas para justificar un examen de radiodiagnóstico determinado, sino que se mantiene incluso más bajas cuando se puede conseguir de manera razonable.

Los rayos X y gamma constituyen el tipo más común de peligro de irradiación externa. Cuando poseen energía suficiente, ambos son capaces de penetrar profundamente en el cuerpo. Por esta razón ningún órgano está exento del peligro potencial que implican estas radiaciones.

Los tres principios fundamentales aplicables al uso seguro de las radiaciones ionizantes son: Distancia, Blindaje y Tiempo. (15)

1. - DISTANCIA:

La distancia no sólo es un medio efectivo, sino también en muchas circunstancias ha probado ser el principio de protección más fácil de aplicar contra las radiaciones.

La ley del cuadrado inverso se aplica para reducir la intensidad de radiación en fuentes puntuales de rayos X. Tanto las fuentes encapsuladas de radiación gamma de neutrones y generadores de rayos X pueden considerarse como fuentes puntuales si se toma en consideración lo pequeño de sus dimensiones en relación a las distancias involucradas.

La ley del cuadrado inverso establece que a partir de un punto, la intensidad varía inversamente con el cuadrado de la distancia considerada desde la fuente.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{(R_2)^2}{(R_1)^2}$$

I = Intensidad

R = Distancia a la fuente.

Por simple inspección de esta fórmula se observa que duplicando la distancia a la fuente se reducirá la intensidad por un factor de cuadrado perfecto; triplicando la distancia, la intensidad de la radiación disminuirá a un noveno de su valor original, si la distancia se aumenta a diez veces la distancia original, la dosis se reduce a la centésima parte. (15)

2.- BLINDAJE:

Uno de los métodos para controlar la exposición a las radiaciones externas es el empleo de blindajes adecuados, que consiste en colocar entre la fuente de radiación y las personas expuestas, materiales apropiados que absorben las radiaciones, para reducir la intensidad de éstas a valores aceptables.

Esta reducción de la intensidad se conoce con el nombre de atenuación y es el resultado de interacciones complejas entre la radiación y las sustancias absorbentes.

Los materiales absorbentes utilizados y los espesores necesarios para atenuar las radiaciones y valores aceptables dependen del tipo de radiación, de su energía, del flujo y de las dimensiones de la fuente. En la mayoría de los casos se puede calcular con una exactitud razonable la cantidad de material de blindaje necesario, pero, en otro, sólo muy aproximadamente, y es esencial comprobar experimentalmente, siempre que sea posible.

Por razones de economía, el material absorbente se debe colocar lo más cerca posible de la fuente, pues, aunque el espesor necesario no varía, la superficie y, por lo tanto, el volumen total de absorbente disminuyen así mucho.

Material como concreto y plomo, absorben gran proporción de un haz de radiación. Es decir, que cuando se usa una barrera de esos materiales, el personal puede permanecer seguro cuando está cerca de la fuente. Mientras más poderosa es la fuente más gruesa debe ser la barrera. Los cuartos de radiodiagnóstico, radioterapia y cuartos donde se almacenan o preparan fuentes radiactivas están contruídos de concreto o plomo.

Al utilizar algún medio como blindaje se debe tomar en consideración lo siguiente:

- a. - Que las personas atrás de la “sombra” proyectada por el blindaje, no están necesariamente protegidas.
- b. - Que la radiación puede “rebotar”, es decir, puede ser dirigida en todas direcciones después de chocar. Frecuentemente las paredes, pisos y otros objetos sólidos ubicados cerca de un punto de radiación produce una dispersión apreciable. Al utilizarse en estas condiciones una fuente puntual no puede emplearse la ley del cuadrado inverso. Por esta razón se hace necesaria la medición de la radiación para determinar la exposición de la radiación con el fin de determinar la exposición potencial en cualquier punto. (15)

3. - TIEMPO:

Mientras menos tiempo se está junto a una fuente radiactiva, menor es la radiación recibida. Por lo tanto, los procedimientos para tratar pacientes con fuentes radiactivas debe aplicarse tan rápidamente como sea posible. (15)

OTROS PRINCIPIOS DE PROTECCION

SISTEMA DE VIGILANCIA:

A fin de medir la dosis de radiaciones ionizantes que el personal recibe en un período de tiempo, se debe disponer de un sistema de vigilancia. Durante las horas de trabajo las personas designadas como “ocupacionalmente expuestas” deben usar continuamente un dosímetro de película u otro dispositivo para medir las radiaciones a fin de registrar la cantidad recibida. (15)

DOSIMETRIA

La dosimetría estudia la medida de la dosis de radiación absorbida. Para efectuar esta medida se han ideado dispositivos y técnicas especiales, entre las cuales se encuentran Dosimetría por Termoluminiscencia (TLD) y la Dosimetría por Película (Emulsión Fotográfica).

En la dosimetría por película, se utiliza una película sensible a la radiación, contenida en un portapelícula que se adhiere a la ropa cuando el técnico se expone a las radiaciones, detectándose toda la variedad de energías producidas por los aparatos de Rayos X comúnmente utilizados, así como en las unidades de radioterapia.

La función del portapelícula es llevar la película y los filtros metálicos y plásticos que sirven para diferenciar los tipos de radiación que se han absorbido. Básicamente consiste en una caja de plástico que contiene un filtro de aluminio y un filtro de estaño, filtros plásticos de 1.5 y 3-mm de espesor.

La película consiste en un material plástico recubierto de compuestos químicos sensibles a la radiación y a la luz, similares a los compuestos sensibles de la luz usados en la película de fotografía común.

La imagen se forma cuando la radiación choca con la película, produciendo un ennegrecimiento proporcional a la radiación absorbida.

La dosis absorbida por el técnico se calcula comparando el ennegrecimiento de su película con el de otro, usada como referencia, la cual ha sido expuesta a dosis conocidas de Rayos X.

Luego de medir el ennegrecimiento de las películas con un aparato llamado densitómetro, se elabora una gráfica para hacer la comparación y calcular la dosis del técnico. El "Límite de Dosis para personal ocupacionalmente expuesto", establecido por el Consejo Nacional de Protección Radiológica (NCRP) es de 400 mRems mensuales.

Cuando se utilizan los Rayos X con fines de diagnóstico, el peligro principal es el haz que pasa a través del paciente o ha sido reflejado o dispersado; por lo tanto, deben aplicarse los principios de distancia y blindaje. En aquellos casos que la enfermera debe apoyar al paciente o sostener una película, o la persona a quien se le tomará la película está en periodo de gestación, se tomará la precaución de colocar un delantal plomado. Debe aclararse que la exposición tarda sólo una fracción de segundo, lapso después del cual la radiación desaparece totalmente del ambiente sin dejar rastro contaminante alguno.

Una enfermera o asistente será considerada como persona ocupacionalmente expuesta sólo si participa regularmente en la labor de la sala de Rayos X. (15)

BABYLINE 81

Este aparato se utiliza para registrar la radiación que atraviesan las barreras o blindajes de protección en los distintos lugares donde se utiliza, y que es producida por fuentes artificiales de tiempo de emisión corta, como los equipos de Rayos X dentales, médicos, etc.

CAMARA DE MEDICION DE IONIZACION

Este es un dispositivo de alta precisión, capaz de registrar los cambios de ionización en el aire causados por la radiación X.

Este aparato está compuesto por una cámara de alta precisión muy sensible, un panel de controles en el cual también se registra la radiación y un emisor de radiación X que es controlado por el mismo panel de controles.

Este equipo es calibrado una vez al año por el departamento de calibración de aparatos de radiación de los Estados Unidos de Norte América. Este equipo está calibrado en milisieverts, que es una medida que registra la radiación absorbida en piel, en un determinado tiempo y un emisor de radiación X que es controlado por el panel de controles

Es importante mencionar que el equipo emisor de radiación de la cámara de medición de la ionización fué programado a 70 kV y 20 miliamperios y se hicieron exposiciones de 20 segundos sobre todas las probetas de estudio, de los distintos materiales.

LIMITE DE DOSIS

Los resultados de los estudios sobre los efectos somáticos y genéticos a la exposición de la radiación, son usados por el Consejo Nacional de Protección Radiológica (NCRP), para formular recomendaciones. Los objetivos para establecer el "Límite de Dosis Permisible" por exposición ocupacional es mantener la irradiación del trabajador por debajo de los niveles con los que se observan efectos adversos; otro objetivo es el de minimizar la insidencia de efectos genéticos adversos en el segmento de la población en capacidad de procrear. Por lo anterior se ha determinado el cuadro siguiente:

LIMITE DE DOSIS

ORGANO O TEJIDO	PERSONAL PROFESIONALMENTE EXPUESTO	INDIVIDUOS DEL PUBLICO
CUERPO ENTERO	5 rem/año	0.5 rem/año
GONADAS	3 rem/año	0.5 rem/año
MEDULA OSEA	5 rem/año	
PIEL	15 rem/año	3 rem/año
HUESO	30 rem/año	3 rem/año
TIROIDES	15 rem/trimestre 30 rem/año	3 rem/año
MANOS, ANTEBRAZOS PIES, TOBILLOS	38 rem/trimestre 75 rem/año	7.5 rem/año
ORGANO AISLADO	8 rem/trimestre	1.5 rem/año

MUJERES EN EDAD DE PROCREAR

ABDOMEN	1.25 rem/trimestre 5.00 rem/año
---------	------------------------------------

BARITA (OXIDO DE BARIO)

Es un material totalmente atóxico sin agentes cancerígenos e impurezas, en su composición básica, también se encuentran otros componentes órgano-minerales, que por sus características de neutralidad e inercia química, mantienen las características básicas de la barita. (8)

DESCRIPCION			
NOMBRE	BARIO	SIMBOLO	Ba
NUMERO ATOMICO	56	PESO ATOMICO	137.34
PROPIEDADES ELECTRONICAS		PROPIEDADES FISICAS	
VALENCIA	2	DENSIDAD(g/ml)	3.5
ELECTRONEGATIVIDAD	0.9	PUNTO DE EBULLICION °C	1640
RADIO COVALENTE	1.98	PUNTO DE FUSION °C	714
RADIO IONICO (ESTADO DE OXIDACION)	1,35 (+2)		
RADIO ATOMICO	2,22		
ESTRUCTURA ATOMICA	[Xe] 6s		
POTENCIAL PRIMERO DE IONIZACION (eV)	5,24		

La existencia de este elemento fué señalada por el químico sueco Karl Wilhen Scheele en 1,774, aunque no consiguió aislarlo en estado puro.

El aislamiento del metal, por electrólisis, fué logrado en 1,808 por Sir Humphry Davy , quien le dió el nombre de Bario.

Elemento químico, Ba, con peso atómico 137,34. El bario ocupa el decimoctavo lugar en abundancia en la corteza terrestre, en donde se encuentra en un 0.04%, valor intermedio entre el calcio y el estroncio, los

otros metales alcalinotérreos. Los compuestos de bario se obtienen de minería y por conversión de dos minerales de bario, la barita o sulfato de bario, es el principal mineral y contiene 65.79% de óxido de bario. La witherita, algunas veces llamada espato pesado, es carbonato de bario y contiene 72% de óxido de bario.

El metal lo aisló por primera vez Sir Davy en 1,808 por electrólisis. En la industria sólo se preparan pequeñas cantidades por reducción de óxido de bario con aluminio en grandes retortas. El metal se utiliza en aleaciones bario-níquel para alambres de bujía (el bario incrementa la capacidad de emisión de la aleación) y en el metal de Frary, que es una aleación de plomo, bario y calcio, que se usa en lugar del metal Babbitt porque puede moldearse.

El metal reacciona con el agua más fácilmente que el estroncio y el calcio, pero menos que el sodio; se oxida con rapidez al aire y forma una película protectora que evita que siga la reacción, pero en aire húmedo puede inflamarse. El metal es lo bastante activo químicamente para reaccionar con la mayor parte de los no metales.

El metal es dúctil y maleable; los trozos recién cortados tienen una apariencia gris blanca lustrosa.

La barita blanda (fácil de moldear) se prefiere en la manufactura de los compuestos de bario, pero pueden usarse variedades cristalinas. La barita cruda se muele y mezcla con polvo de carbón. La mezcla se calcina en horno rotatorio de reducción; en sulfato de bario se reduce a sulfuro de bario o ceniza negra. La ceniza negra consta de cerca de 70% de sulfuro de bario y se

trata con agua caliente para hacer una solución que sirve de material de partida en la manufactura de muchos otros compuestos.

El lipoton, un polvo blanco que consta de 20% de sulfato de bario, 30% de sulfuro de zinc y menos del 3% de óxido de zinc, se emplea en forma amplia como pigmento en pinturas blancas. El blanco fijo se emplea en la manufactura de colorantes brillantes. Es el mejor grado de sulfato de bario para pigmento en pinturas. A causa de la gran absorción de rayos X por el bario, el sulfato sirve para cubrir el tubo digestivo en radiografía, para aumentar el contraste. El carbonato de bario es útil en la industria de la cerámica para prevenir la eflorescencia en arcilla para lozas. Se usa también como vidriado en alfarería, en vidrio óptico y como veneno para ratas. El cloruro de bario se emplea en la purificación de sal, en la manufactura de cloruro e hidróxido de sodio, como fundente en aleaciones de magnesio, como ablandador de agua de calderas y en preparaciones medicinales. El nitrato de bario, llamado también salitre de barita, se utiliza en pirotecnia y señales luminosas (produce color verde) y un poco menos en preparaciones medicinales. El óxido de bario conocido como barita o barita calcinada, se utiliza como agente de secado en la industria y en el endurecimiento de aceros.

El peróxido de bario se emplea en ocasiones como agente blanqueador. El cromato de bario, cromo limón o amarillo cromo, se emplea en pigmentos amarillos y fósforos de seguridad. El clorato de bario se utiliza en pirotecnia. El acetato y cianuro de bario se usan en la industria como reactivo químico y en metalurgia respectivamente. (1)

LOS PRECIOS (8)

El precio de la barita guatemalteca se calcula aproximadamente en 400 quetzales la tonelada métrica en promedio, pudiendo ser menor el precio dependiendo de su calidad.

Los principales yacimientos de barita (sulfato de bario) en Guatemala se encuentra en el oriente del país. (Información brindada por el Dr. Guillermo Escobar).

Los precios publicados por *Industrial Minerals* reflejan una subida de 7,5 \$/t para la API cif costa del Golfo de procedencia china y 5,6 \$/t para la correspondiente de México, moderadas subidas del material marroquí fob en torno a 1,8 \$/t, y estabilidad de la barita molida o micronizada en almacén del Reino Unido.

Según el *USGS (Oficina de Peritaje Geológico de Estados Unidos, por sus siglas en inglés)*, el precio medio fob mina de la barita norteamericana subió 9 \$/t en 1996 (+22%).

	1992	1993	1994	1995	1996
Barita					
- Molida blanca, gr. pint., 96-98 %, del. UK, £ / t	150-190	167-192	195-220	195-220	195-220
- Micronizada, min. 99 % < 20 µ, del. UK, £ / t	140-150	140-150	140-150	140-150	140-150
- No molida, OCMA a granel, fob Marruecos, \$ / t	34-40	38-43	37-40	37,5-40,5	39,3-41,3
- China, API, en trozos, cif costa del Golfo, \$ / t *	—	44-48	40-45	42,5-46,5	50-54
- India, id., id., id., \$ / t *	—	40-44	35-40	43,0-45,5	48,6-51,2
- USA, fob mina, \$/t **	60,22	61,16	37,22	41,00	50,00

Fuentes: Industrial Minerals * Empezaron a cotizar en 1993 * * Min. Comm. Summaries 1997, USGS

PRODUCCIÓN MINERA

La producción mundial de barita ascendió en 1996 a 5,5 Mt, casi un 28% más que en el año anterior. Las mayores subidas se registraron en Iberoamérica (64,8%, sobre todo gracias a México, que casi duplicó su anterior nivel de extracción), China (50%), la Unión Europea (28,4%) y Estados Unidos (21,9%), con ligero aumento en el resto de Asia (1,4%), mientras que en África, Centroeuropa y la CEI permaneció estática.

Siete países comunitarios producen actualmente barita, si bien la aportación griega (*Barytine Co.* en la isla de Milos) es testimonial. Los más importantes son Alemania (*Fluß und Schwerspatwerke*, perteneciente ésta al grupo *BAYER*, con la mina Clara en Baden-Württemberg, 64,66 kt en 1996;

Sachtleben Bergbau, con la mina Wolkenhügel en la Baja Sajonia 22,3 kt, y su filial *Deutsche Baryt Industrie-Rudolf Alberti*, con la mina Dreislar en Renania del Norte-Westfalia, 34,5 kt), y); Francia (*Société Barytine de Chaillac*, filial del grupo *Solvay*, es la única productora); España; Italia (*Bariosarda SpA*, minas subterráneas en Monte Ega y Barega, 70 kt/a; *Compagnia Mineraria Sarda* en Cerdeña, *Società Mineraria Baritina* en Trento) y Reino Unido, donde *M-I Great Britain Ltd* la extrae en la mina subterránea (45 kt/a) y a cielo abierto (15 kt/a) de Foss, en Aberfeldy, Escocia; *Laporte Minerals*, en Cavendish Mill (25 kt/a); *Closehouse Minerals Ltd*, filial de *Viaton Industries Ltd*, en Middleton-in-Teesdale, Durham, y *Waiting Minerals Ltd* en Silverband, Cumbria (mina abierta en el reinado de Isabel I).

La producción iberoamericana de barita (10,5% de la mundial en 1996) está concentrada en México y Brasil, con aportaciones entre 3 y 35 kt/a de Perú, Argentina, Colombia, Chile y, quizá, Bolivia. La oferta mexicana procedió fundamentalmente de *Barita de Sonora SA*, reabierto en 1995, que produjo en su mina de Mazatán 291 kt en 1996, y de *Barita de Santa Rosa SA*, con mina y planta en Múzquiz, Coahuila (94 kt); *Minerales y Arcillas SA de CV*, con mina y lavadero de 1,2 kt/m en Galeana (Nuevo León), *Barita de Apatzingan SA* y *Minera Capela SA* (grupo Peñoles), reabiertas éstas en 1996, complementaron la producción. Más del 80% de la barita brasileña se extrae en el estado de Bahía, por medio de *Química Geral do Nordeste SA*, *Baroid Pigmina Industrial e Comercial Ltda* (filial de *Baroid*), *Empresa de Mineração Bahiana Santa Terezinha Ltda* y *Drescon SA Produtos de Perfuração* (filial de *M-I Drilling Fluids*), completando la producción *Arafertil* en Minas Gerais y otras compañías menores.

PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL DE BARITA (t de mineral)

	1992	1993	1994	1995p	1996e
Alemania	157 014	131 163	127 383	122 268	121 476
Reino Unido	76 723	55 000	54 000	85 000	102 000
España	6 194	17 656	28 037	30 103	81 621
Italia	80 709	52 000	62 000	44 000	80 463
Francia	96 000	67 200	72 100	75 400	81 200
Bélgica	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Grecia	812	988	701	700	700
Portugal	378	—	50	—	—
Irlanda	70 600	53 000	—	—	—
<i>Subtotal UE</i>				387 469	497 460
México	443 782	135 891	86 605	248 367	470 028
Brasil	54 490	32 068	31 449	30 750	32 000
Perú	sd	14 747	38 934	34 987	35 000
Argentina	10 015	14 761	27 952	27 043	24 200
Colombia	9 380	4 840	7 000	sd	sd
Chile	2 514	2 035	3 670	3 080	3 00
Guatemala	328	4 742	3 590	570	2 776
<i>Subt. Iberoamérica</i>	535 000			350 000	577 000
China	1 100 000	948 000	1 300 000	1 300 000	1 950 000
Estados Unidos	326 000	315 000	583 000	543 000	662 000
India	458 000	597 676	483 791	421 000	500 000
Marruecos	401 599	349 613	229 587	289 541	287 513
Irán	181 174	226 379	225 000	139 202	161 401
Turquía	264 300	118 367	57 429	100 751	146 544
Kazakhstan	300 000	300 000	300 000	286 000	285 000
Bulgaria	150 000	140 000	130 000	125 000	120 000
Rumania	118 100	115 000	104 700	18 169	12 541
Otros (1)	347 000	274 000	333 000	295 000	273 000
TOTAL (redond.)	4 700 000	4 000 000	4 300 000	4 300 000	

Fuentes: World Mineral Statistics 1992-96, BGS; Metals & Minerals Annual Review 1997 p = provisional ; e = estimado sd = sin datos

(1) Incluye a Eslovaquia, Georgia, Polonia, Argelia, Egipto, Sudáfrica, Túnez, Canadá, Afghanistan, Japón, Malasia, Birmania, Pakistán, Filipinas, Tailandia y Australia.

A nivel mundial, China continuó siendo el principal país productor, con más del 35% del total; las exportaciones realizadas en 1996, en su mayoría a EE.UU., subieron a 1,86 Mt (1,2 Mt en 1995). El 80% de la producción estadounidense se extrae en Nevada, y está dominada por unas pocas compañías especializadas en fluidos de perforación, tales como *M-I Drilling Fluids* (minas de Greystone y Slaven Canyon en Battle Mountain y Clipper y Mountain Springs, lavadero en Battle Mountain con capacidad de 700 kt/a) y *Dresser*, que en 1994 se hizo con *Baroid Drilling Fluids* (mina Rossi en Elko, reabierta en 1993 y ampliada su capacidad en 1995 a 150 kt/a, planta de 400 kt/a en Eureka); otras empresas mineras menores son *Milpark* (mina y planta en Argenta, Lander) y *Circle A Construction Co.*

La India dispone del mayor yacimiento masivo de barita del mundo, el de Mangampet en Cuddapah (Andhra Pradesh), explotado por *Indian Barytes & Chemicals Ltd*, *Gimpex Pvt Ltd* y *Andhra Pradesh Mining Corp.*, además de otros menores en el mismo estado y en Rajasthan, beneficiados por éstas y otras compañías de menor entidad. Tailandia está emergiendo como importante país productor, habiendo conseguido 100,25 kt en 1996. En Marruecos la única empresa explotadora es la *Cie. Marocaine des Barytes (COMABAR)*, filial al 60% de *M-I Drillings*, con minas en Zelmou (alto Atlas) y en Irhoud y lavadero en Safi (60 kt/a). (2)

DEFINICION DE CONCEPTOS

MILISIEVERTS

Es una medida que indica la dosis de radiación absorbida, y es la medida actual, que substituye al Rad, éste es una medida obsoleta.

CANTIDAD DE RADIACION DE RAYOS X

Es la cantidad de exposición a los rayos X, a los que está expuesto tanto el paciente como el operador del aparato de rayos X, cuando se está tomando una radiografia, dicha cantidad depende de la dosis y tiempo de exposición.(4)

DAÑO BIOLOGICO POR RADIACION

Daños que se producen en los tejidos del organismo al ser sometido a dosis de radiación, lo cual depende de la sensibilidad de los mismos, así como de las dosis y tiempo de exposición. (4, 15)

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Métodos y técnicas utilizados para anular o disminuir la exposición a las radiaciones producidas por el aparato de rayos x. (15)

RAYOS X

Están constituidos por ondas electromagnéticas de pequeñísima longitud, pasan fácilmente a través de muchos cuerpos, producen impresiones fotográficas y se utilizan como medio de investigación y curación en las ciencias de la salud. (5, 15)

BARITA

También se le conoce como espato pesado y como baritina, es la principal fuente de bario, este mineral tiene un color que va de transparente a nacarado, y se utiliza para preparar lodos en la perforación de pozos para extraer petróleo; otro de los usos de la baritina es en la fabricación de pinturas, vidrios y cartón. Además el sulfato de bario, opaco a la radiación Roetgen, se utiliza en radiología. (1, 3, 9)

OBJETIVOS

GENERAL

Estudiar las propiedades de protección de la barita contra la radiación ionizante en la clínica dental, determinando las propiedades de protección de ella, cuando se mezcla con otros materiales como pintura, aplicada en superficies como: plywood, tabla yeso y fibrolit, con 3, 6 y 9 aplicaciones.

ESPECIFICOS

1. Determinar la efectividad de barita utilizada como barrera protectora contra la radiación.
2. Determinar la efectividad de la aplicación de barita en superficies para saber con qué espesor se alcanzan mejores porcentajes de atenuación de la radiación.
3. Determinar la efectividad de la aplicación de barita en superficies para saber con que mezclas, (pintura), se alcanzan mejores porcentajes de atenuación de la radiación.

4. Determinar la efectividad de la aplicación de barita en superficies para saber con qué proporciones de ella se alcanzan mejores porcentajes de atenuación de la radiación.
5. Determinar la efectividad de la aplicación de barita en superficies, (plywood, tabla yeso, fibrolit), para saber con cuál se alcanzan mejores porcentajes de atenuación de la radiación.
6. Determinar cuál de los materiales en estudio, (fibrolit, plywood, tabla yeso), y con que pintura se brinda mejor protección y por ende se alcanzan mejores porcentajes de atenuación de la radiación.

VARIABLES

INDEPENDIENTES:

APLICACION DE BARITA EN:

Plywood (M1), fibrolit (M2) y tablayeso (M3).

Pintura de agua (PW), pintura de aceite (PA) y pintura con plomo.

Tres aplicaciones (3Δ), seis aplicaciones (6Δ) y nueve aplicaciones (9Δ) de cada uno de los tres tipos de pintura.

DEPENDIENTES:

Porcentaje de atenuación de la radiación ionizante.

METODOLOGIA

MUESTRA

PROBETAS EN ESTUDIO

Se llamaron así a todas las muestras de los tres diferentes tipos de materiales que comunmente se utilizan como divisiones en las clínicas dentales, tal es el caso de plywood (madera prensada en capas), tabla yeso y fibrolit (cemento prensado y cartón), cortadas en planchas de 30 cms por lado.

También se tomaron en cuenta la pintura a base de agua identificada con las letras PW, con una concentración de sulfato de bario (barita) de 600 libras por cada 100 galones de pintura. La pintura a base de aceite identificada como PA, con una concentración de sulfato de bario (barita) de 600 libras por cada 100 galones de pintura. Y un tipo de pintura con plomo identificada con las letras PP, con una concentración de sulfato de bario (barita) de 600 libras por cada 100 galones de pintura y además 52 libras de cromato de plomo. Para ver cuál o cuáles de ellas presentan el mejor porcentaje de atenuación contra la radiación y cuál es más estable respecto al número de aplicaciones.

A estas planchas cuadradas de 30 cms. por lado, a las cuáles se les aplicó un sellante de superficie (marca Sello Impac, elaborado con polímeros acrílicos), para que el material no absorbiera de forma irregular la pintura. Luego se aplicó la pintura dejando entre aplicaciones un tiempo aproximado de dos horas para que cada aplicación secara completamente y no se corriera o dañara ninguna de las mismas. Estas planchas fueron llamadas probetas en estudio.

MEDICION DE GROSOR DE SUPERFICIE

Luego de las aplicaciones de la pintura se midió con un calibrador digital en el Laboratorio de Investigaciones de Ingeniería Química, realizando tres mediciones por lado y sacándole la desviación estandar para tener un registro de espesor lo más exacto posible; de cada una de las probetas de estudio incluyendo la probeta testigo que correspondía a cada uno de los materiales en estudio (plywood = M1, fibrolit = M2 y tablayeso = M3) solo con la aplicación de sellante de superficie, para que el mismo no diera datos erróneos de tener algún grado de atenuación en contra de la radiación y para poder ver el porcentaje de atenuación que se lograba solo con cada pintura sin tomar en cuenta el porcentaje de atenuación que se lograba con cada uno de los materiales en estudio.

EMISOR DE RADIACIÓN

El equipo utilizado fué un emisor graduable y sumamente estable que es parte del Laboratorio Secundario de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas, que forma parte de la cámara de medición de la ionización, el cual fué calibrado a 70 kilovoltios y 20 miliamperios por un tiempo de exposición de 20 segundos, irradiando las probetas en estudio a condiciones extremas, ya que nunca se expone a un paciente por veinte segundos continuos a la radiación X. Este equipo se instala en el bunker de protección del mismo laboratorio. Los niveles de radiación son registrados en milisieverts por el mismo aparato. El bunker cuenta con instrumentos para determinar la presión atmosférica y temperatura dentro del mismo. Esto debido a que la cámara que mide la ionización en el ambiente funciona de forma óptima a 850 a 856 hpa (hectopascasles) y de 18 a 24 °C.

PROCEDIMIENTO

Primero se realizaron pruebas aplicando la barita en las diferentes superficies, plywood (M1), fibrolit (M2) y tabla yeso (M3), que se utilizaron como barreras de protección y fueron expuestas a radiación con un aparato de rayos X especial para realizar pruebas científicas, con el cual se replicó la potencia del equipo de rayos x dental a 70 kilovoltios, 20 miliamperios y un tiempo de exposición de 20 segundos. Todo esto se realizó en el búnquer del laboratorio secundario del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, con tres tipos diferentes de pintura, una a base de agua otra a base de aceite y una tercera en la cual se adicionó además de barita 52 libras de cromato de plomo por cada 100 galones de pintura.

En las diferentes probetas de estudio se les hicieron, tres ($\Delta 3$), seis ($\Delta 6$) y nueve ($\Delta 9$) aplicaciones y se dejaron secar al aire con intervalos de 120 minutos entre cada aplicación. Esto se hizo **para ver si el espesor de pintura de barita hacía variar positivamente el porcentaje de atenuación y por ende era más efectivo contra la radiación producida por los aparatos de rayos X dentales o si no había diferencia.**

En el transcurso de la investigación se fueron haciendo cambios a lo que inicialmente estaba programado en el protocolo, debido a las sugerencias de las diferentes autoridades académicas que fueron consultadas, por ejemplo el Ingeniero César García, del departamento de Investigaciones de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, sugirió descartar los recubrimientos de superficie como el cernido plástico y el cemento con cal; porque esto lleva otro tipo de proceso el cual considera es suficiente para

hacer otro estudio. Por otro lado el Ingeniero César Barrios sugirió que la aplicación de las pinturas en estudio, fuera realizada con brocha y no de otra forma, debido a lo pesado del bario ya que es una de las formas de aplicación más común y además no se necesita diluir mucho la pintura y por lo cual no se altera su concentración de una forma significativa. También el mismo Ingeniero sugirió y preparó una pintura que además de bario contiene plomo, para que también fuera estudiada, y ver si este elemento hacia que variara en mayor grado el porcentaje de atenuación contra la radiación de la misma. El Licenciado en Física Angel Osorio, Catedrático de diferentes Facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala y además encargado del Laboratorio Secundario de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, recomendó el uso del **“aparato de medición de ionización”**, por ser ideal para registrar el porcentaje de atenuación de la radiación presentado por los materiales y pinturas en estudio, dato que sería imposible de obtener con el Baby Liner, que es un aparato para otro tipo de medición más burda. El Licenciado también facilitó la utilización del búnker del Ministerio, de los cuales solo hay diez de ellos en Latinoamérica. Es importante mencionar que el Licenciado Angel Osorio, descartó el factor distancia para nuestro estudio debido a que el porcentaje de atenuación es indiferente a la distancia, ya que aunque se aleje el emisor, por lo exacto del equipo y la forma de realizar las mediciones, el porcentaje de atenuación seguiría siendo el mismo, debido a que se tomaría siempre la cantidad de radiación que llega a la cámara de medición de la ionización sin ningún material es decir el rayo directo y luego con la probeta testigo sin pintura y luego ya con las diferentes aplicaciones de la misma, por lógica el porcentaje sería el mismo si se midiera a 0.5 metros, 1 metro o 1.5 metros.

Se procedió de la siguiente manera:

PRIMER PASO

Se procedió a la selección, registro e identificación de cada una de las probetas para el estudio.

SEGUNDO PASO

Se procedió a la aplicación de un sellador de superficie a cada una de las probetas en estudio para evitar que absorbieran las pinturas y alterara el dato por la absorción irregular que pudiera presentar cada uno de los materiales, tal y como lo sugirió el Ingeniero César García. Luego se aplicaron las pinturas en cada una de las probetas con brochas de 3 pulgadas, dejando un lapso de hasta 160 minutos entre cada aplicación, tal y como lo recomendó el fabricante; hasta cumplir con las aplicaciones de pintura requeridas en las diferentes probetas de estudio. Las aplicaciones fueron identificadas como Δ más el número de aplicaciones, Ej. seis aplicaciones $\Delta 6$, nueve aplicaciones $\Delta 9$, etc.

TERCER PASO

Este paso requirió llevar todas las probetas al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para medir el grosor de cada una de las probetas de estudio y determinar que espesor tenían y si este variaba con cada una de las tres aplicaciones de diferencia que había entre cada una.

Estas mediciones fueron hechas con la ayuda personal del Ingeniero César García, jefe del area de aglutinantes de dicho centro.

Se tomaron tres medidas por lado a cada una de las probetas con un calibrador digital, el cual registraba variaciones de hasta 0.001 mm, cada uno de los resultados fué anotado en una ficha, la cual se adjunta, y a todas las probetas se les sacó un promedio de grosor y una desviación estándar, para tener el dato más exacto posible en cuanto a grosor de pintura obtenido por aplicación.

CUARTO PASO

Para la realización de este paso se llevaron todas las probetas al Laboratorio Secundario de Energía Nuclear del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala en donde con la ayuda del Licenciado Angel Osorio:

Se midió la temperatura y presión atmosférica del bunker del laboratorio secundario de energía nuclear, registrándose una temperatura de 23.0° C y una presión atmosférica de 853.35 hpa (hectopascasles). Lo que indicó que se estaba en condiciones ideales para que la cámara de medición de ionización trabajara en condiciones óptimas. Se controló durante la realización de todo el estudio, que estas condiciones no variaran durante todo el tiempo que duró el estudio, ya que cualquier variación podía afectar el volumen del aire en el ambiente y por lo tanto modificar los registros obtenidos.

QUINTO PASO

Se puso a funcionar el equipo irradiando directamente la cámara para determinar cuanto era el 100% de radiación medida en milisieverts. Esta

medición también se registró cinco veces, anotando los datos obtenidos en la ficha correspondiente, bajo el registro de "sin atenuador". Luego se colocó la probeta testigo (sin pintura) a una distancia de 1 metro de la fuente de emisión del rayo y la cámara de medición de la ionización a un metro de la probeta, se irradió por veinte segundos, se anotó el dato obtenido y se repitió cinco veces al igual que en el paso anterior, fueron expuestas todas las probetas a 20 segundos de radiación con 70 kV y 20 ma. Se repitió este paso con cada una de las probetas por cinco veces y se registraron todos los resultados en una tabla o ficha para la recolección de estos datos, la cual también se adjunta, y en la cual se puede observar lo estable y confiable de este equipo. A los cinco registros anotados se les sacó un promedio, para poder ver de una manera mas sencilla los cambios que presentaba, controlando siempre que no variara la presión atmosférica, temperatura, kilovoltaje, miliamperaje.

SEXTO PASO

Se determinó con qué tipo de pintura, con cuántas aplicaciones y aplicada sobre que material se lograban los más altos porcentajes de atenuación de la radiación ionizante.

SEPTIMO PASO

Se presentan los resultados obtenidos en cuadros y gráficas estadísticas.

PRESENTACION DE RESULTADOS

CUADRO No.1
RESULTADOS OBTENIDOS POR PLYWOOD (M1) Y LOS DIFERENTES TIPOS DE PINTURA EN ESTUDIO

MATERIALES	INDICE DE ATENUACION DE RADIACION					TOTAL	PROMEDIO	%DE ATEN. DE M + P	%DE ATEN. DE PINTURA
SIN ATENUADOR	7.120	7.115	7.115	7.115	7.115	35.580	7.116	100%	100%
M1 Δ 0P0	6.635	6.635	6.630	6.630	6.630	33.160	6.632	6.80%	0.00%
M1 Δ 3PA	5.885	5.885	5.885	5.890	5.890	29.435	5.887	17.27	10.47
M1 Δ 6PA	4.910	4.915	4.915	4.915	4.915	24.570	4.914	30.94	24.14
M1 Δ 9PA	4.090	4.090	4.090	4.090	4.090	20.450	4.090	42.52	35.72
M1 Δ 3PW	5.675	5.675	5.675	5.675	5.675	28.375	5.675	20.25	13.45
M1 Δ 6PW	5.160	5.160	5.155	5.155	5.160	25.790	5.158	27.52	20.72
M1 Δ 9PW	4.950	4.950	4.950	4.950	4.950	24.750	4.950	30.44	23.64
M1 Δ 3PP	5.585	5.585	5.585	5.585	5.585	27.925	5.585	21.51	14.71
M1 Δ 6PP	4.470	4.470	4.470	4.470	4.470	22.350	4.470	37.18	30.38
M1 Δ 9PP	3.975	3.975	3.975	3.975	3.980	19.880	3.976	44.13	37.33

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL LABORATORIO SECUNDARIO DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS GUATEMALA. ENERO 2,003.

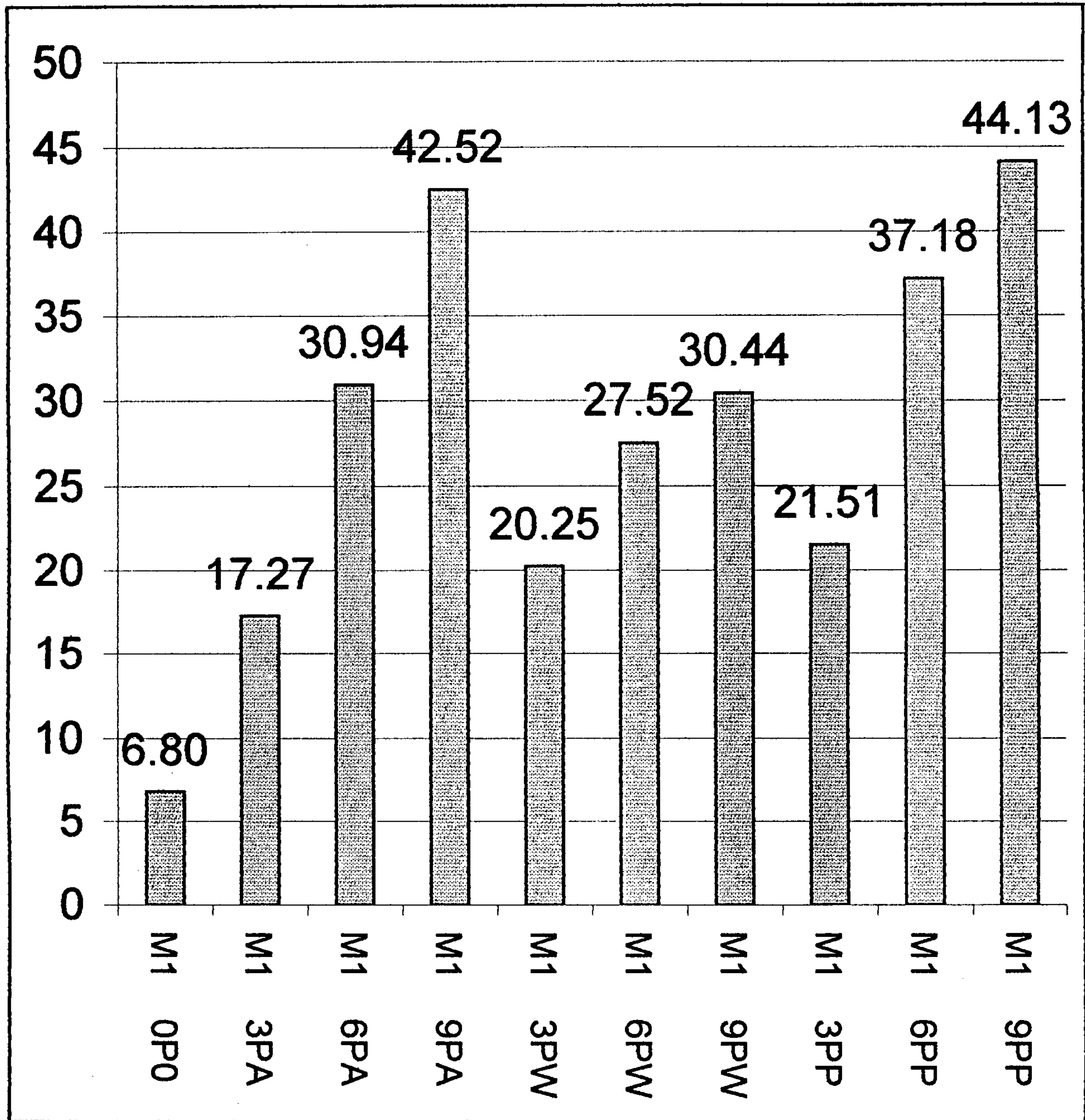
M+P= MATERIAL + PINTURA

INTERPRETACION DEL CUADRO No. 1

Según se puede observar en este cuadro, los registros obtenidos por la cámara de medición de la ionización, que con el plywood (M1) más el sellante aplicado (Marca Sello Impac, elaborado con polímeros acrílicos), se obtiene un 6.80% de atenuación de la radiación. También se puede observar que el mismo material (M1) con el sellante y la pintura a base aceite (PA) con barita se obtiene cuando se aplican tres capas de pintura ($\Delta 3$) un 17.27% de atenuación global y un 10.47% de atenuación logrado en este caso solo por las tres aplicaciones de pintura sobre el plywood, y así sucesivamente se puede observar los resultados de los diferentes tipos de pintura (PW pintura de agua y PP pintura de aceite con plomo y barita) aplicando una emisión de rayos X con intensidad de 70 kilovoltios y 20 miliamperios por veinte segundos en todos los casos.

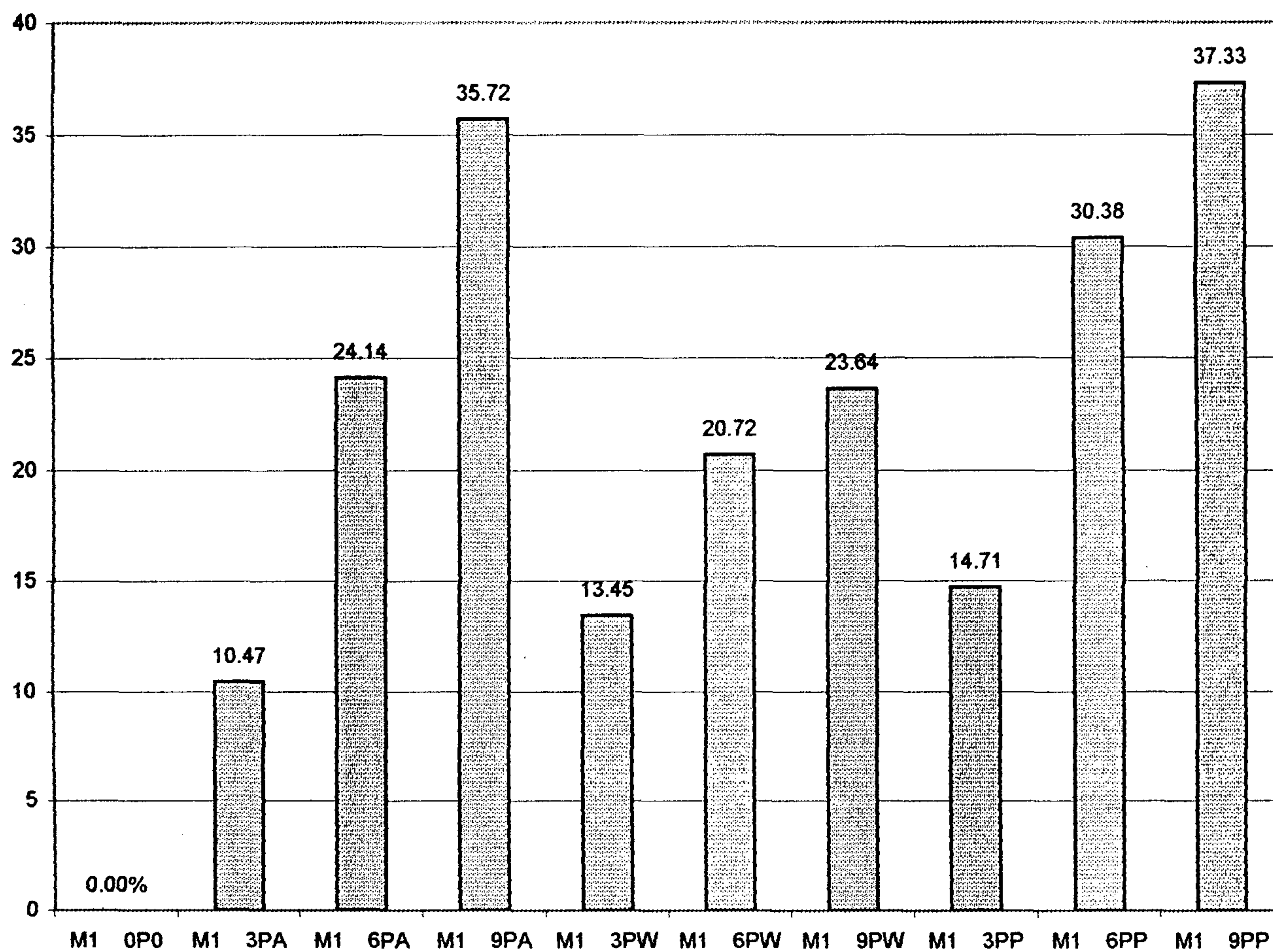
Es factible visualizar que las pinturas con mayor estabilidad lineal al ser aplicadas sobre una superficie de plywood, fueron las pinturas a base de aceite (PA) y la pintura de aceite que tenía plomo y barita (PP), siendo la menos estable la pintura de agua (PW).

GRAFICA No. 1
PORCENTAJE DE ATENUACION DE LA RADIACION PRESENTADA POR CADA UNA DE LAS PINTURAS Y
APLICACIONES INCLUYENDO EL PLYWOOD



FUENTE: INFORMACION OBTENIDA DEL CUADRO No.1

GRAFICA No. 2
PORCENTAJE DE ATENUACION DE LA RADIACION LOGRADA POR CADA UNA DE: PINTURAS Y NUMERO
DE APLICACIONES EN PLYWOOD



FUENTE: INFORMACION OBTENIDA DEL CUADRO No.1

CUADRO No. 2
RESULTADOS OBTENIDOS POR FIBROLIT Y LOS DIFERENTES TIPOS DE PINTURA EN ESTUDIO

MATERIALES	INDICE DE REDUCCION DE RADIACION					TOTAL	PROMEDIO	%DE ATEN. DE M + P
SIN ATENUADO	7.140	7.145	7.145	7.140	7.140	35.710	7.142	100%
M2Δ0P0	4.980	4.980	4.980	4.975	4.975	24.890	4.978	30.30
M2Δ3PA	4.545	4.550	4.545	4.545	4.545	22.730	4.546	36.35
M2Δ6PA	3.775	3.775	3.775	3.780	3.775	18.880	3.776	47.13
M2Δ9PA	3.210	3.210	3.210	3.210	3.210	16.050	3.210	55.05
M2Δ3PW	4.570	4.570	4.570	4.570	4.570	22.850	4.570	36.01
M2Δ6PW	4.055	4.055	4.055	4.055	4.055	20.275	4.055	43.22
M2Δ9PW	3.575	3.580	3.575	3.575	3.575	17.880	3.576	49.93
M2Δ3PP	4.145	4.145	4.145	4.145	4.145	20.725	4.145	41.96
M2Δ6PP	3.560	3.560	3.560	3.560	3.560	17.800	3.560	50.15
M2Δ9PP	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	15.500	3.100	56.59

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL LABORATORIO SECUNDARIO DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS GUATEMALA. ENERO 2,003

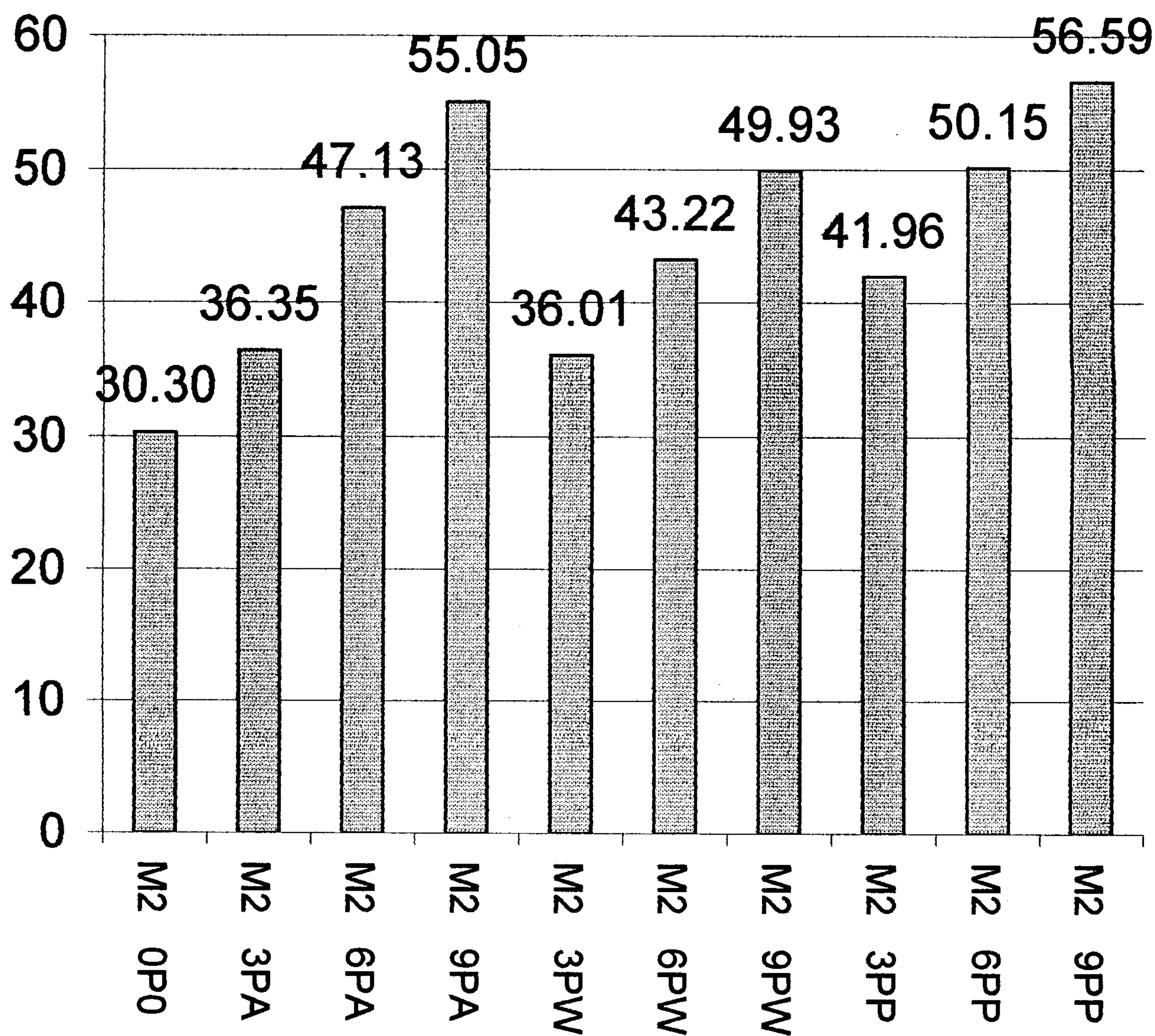
INTERPRETACION DEL CUADRO No. 2

Según se puede observar en este cuadro, los registros obtenidos por la cámara de medición de la ionización, que con el fibrolit (M2) más el sellante aplicado (Marca Sello Impac, elaborado con polímeros acrílicos), se obtiene un 30.30% de atenuación de la radiación. También se puede observar que el mismo material (M2) con el sellante y la pintura a base aceite (PA) con barita se obtiene cuando se aplican tres capas de pintura ($\Delta 3$) un 36.35% de atenuación global y un 6.05% de atenuación logrado en este caso solo por las tres aplicaciones de pintura, sin tomar en cuenta el material sobre el que fue aplicada. Y así sucesivamente se puede observar los resultados de los diferentes tipos de pintura (PW pintura de agua y PP pintura de aceite con plomo y barita) aplicando un rayo X con intensidad de 70 kilovoltios y 20 miliamperios por veinte segundos en todos los casos.

A diferencia del material anterior (plywood) se puede visualizar que los tres tipos de pintura presentaron una estabilidad lineal con respecto al porcentaje de atenuación de la radiación, al ser aplicadas sobre una superficie de fibrolit.

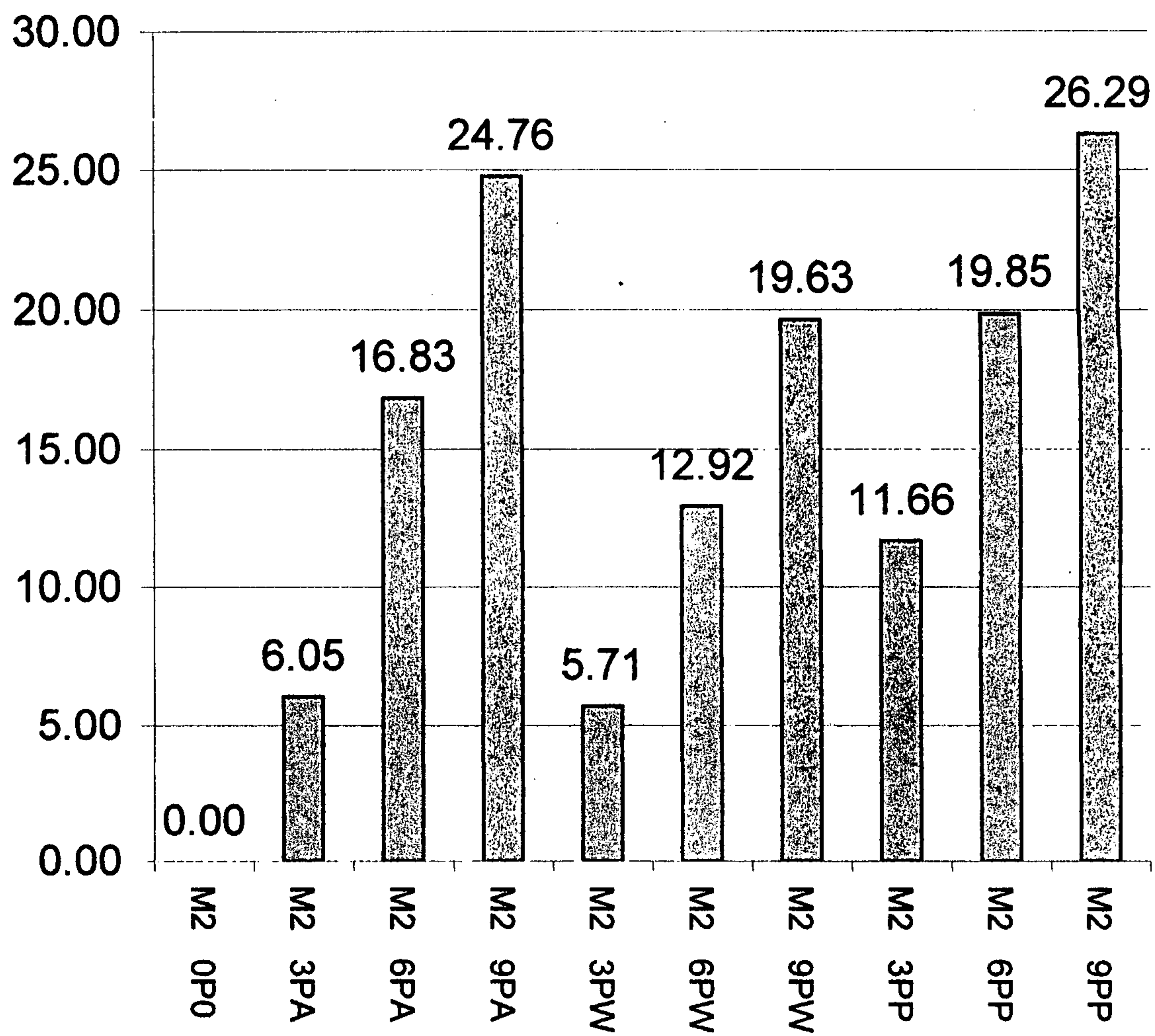
También se puede decir que las pinturas que presentaron un mayor porcentaje de atenuación a la radiación fueron las muestras de pintura PA y PP.

GRAFICA No.3
PORCENTAJE DE ATENUACION DE LA RADIACION PRESENTADA POR CADA UNA DE LAS PINTURAS.
APLICACIONES INCLUYENDO EL MATERIAL FIBROLIT (M2).



FUENTE: INFORMACION OBTENIDA DEL CUADRO No. 2

GRAFICA No. 4
PORCENTAJE DE ATENUACION DE LA RADIACION PRESENTADA POR CADA UNA DE LAS PINTURAS Y
NUMERO DE APLICACIONES SIN INCLUIR LA ATENUACION DEL MATERIAL FIBROLIT SOBRE LA QUE
FUERON APLICADAS



FUENTE: INFORMACION OBTENIDA DEL CUADRO No. 2

CUADRO No. 3
RESULTADOS OBTENIDOS POR TABLAYESO Y LOS DIFERENTES TIPOS DE PINTURA EN ESTUDIO

MATERIALES	INDICE DE REDUCCION DE RADIACION					TOTAL	PROMEDIO	%DE ATEN. DE M + P	% DE A. DE PINTURA
SIN ATENUADOR	7.075	7.080	7.080	7.080	7.080	35.395	7.079	100%	100%
M3Δ0P0	4.935	4.935	4.935	4.935	4.935	24.675	4.935	30.29	0.00
M3Δ3PA	4.400	4.400	4.395	4.395	4.395	21.985	4.397	37.89	7.60
M3Δ6PA	3.855	3.855	3.855	3.855	3.855	19.275	3.855	45.54	15.25
M3Δ9PA	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	16.000	3.200	54.80	24.51
M3Δ3PW	4.355	4.355	4.360	4.360	4.360	21.790	4.358	38.44	8.15
M3Δ6PW	3.950	3.950	3.945	3.950	3.950	19.745	3.949	44.22	13.93
M3Δ9PW	3.495	3.495	3.495	3.495	3.495	17.475	3.495	50.63	20.34
M3Δ3PP	4.055	4.055	4.055	4.055	4.055	20.275	4.055	42.72	12.43
M3Δ6PP	3.595	3.595	3.595	3.595	3.595	17.975	3.595	49.22	18.93
M3Δ9PP	2.935	2.935	2.935	2.935	2.940	14.680	2.936	58.53	28.24

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL LABORATORIO SECUNDARIO DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS GUATEMALA. ENERO 2.003

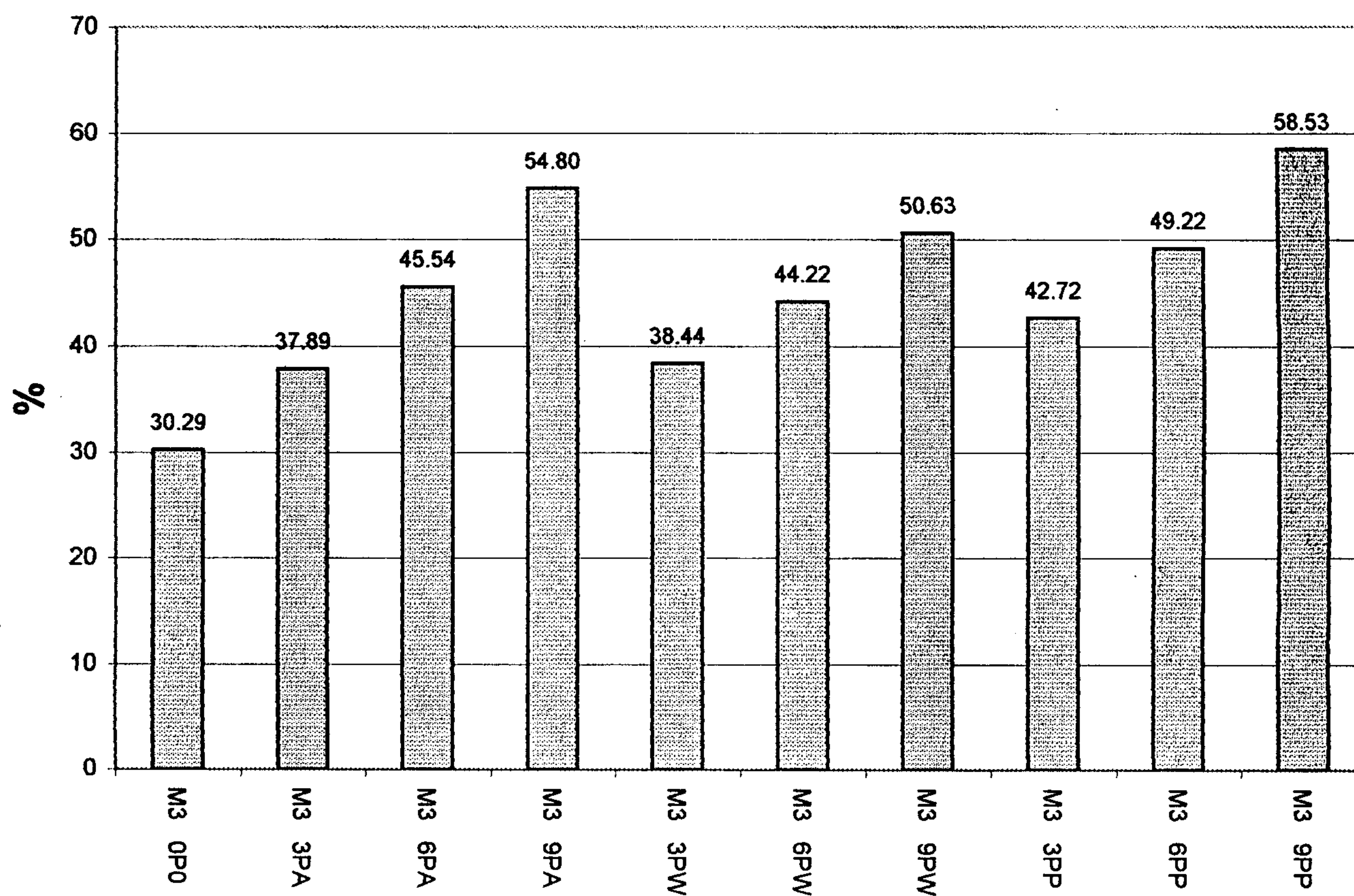
INTERPRETACION DEL CUADRO No. 3

Según se puede observar en este cuadro, los registros obtenidos por la cámara de medición de la ionización, que con la tablayeso (M3) más el sellante aplicado (Marca Sello Impac, elaborado con polímeros acrílicos), se obtiene un 30.29% de atenuación de la radiación. También se puede observar que el mismo material (M3) con el sellante y la pintura a base aceite (PA) con barita se obtiene cuando se aplican tres capas de pintura ($\Delta 3$) un 37.89% de atenuación global y un 7.60% de atenuación logrado en este caso solo por las tres aplicaciones de pintura, sin tomar en cuenta el material sobre el que fué aplicada. Y así sucesivamente se puede observar los resultados de los diferentes tipos de pintura (PW pintura de agua y PP pintura de aceite con plomo y barita) aplicando un rayo X con intensidad de 70 kilovoltios y 20 miliamperios por veinte segundos en todos los casos.

Al igual que el material anterior (M2) se puede visualizar que los tres tipos de pintura presentaron una estabilidad lineal con respecto al porcentaje de atenuación de la radiación, al ser aplicadas sobre una superficie de tablayeso.

Otro dato interesante que se puede observar en este cuadro, es que los tres tipos de pintura en estudio cuando fueron aplicadas sobre el M3 o sea tablayeso, presentaron un porcentaje de atenuación a la radiación muy similar, por lo que se puede decir que sobre este material se obtiene una aplicación bastante aceptable aún con pintura de agua (PW), ya que esto no sucede con los dos materiales anteriormente estudiados (M1 y M2).

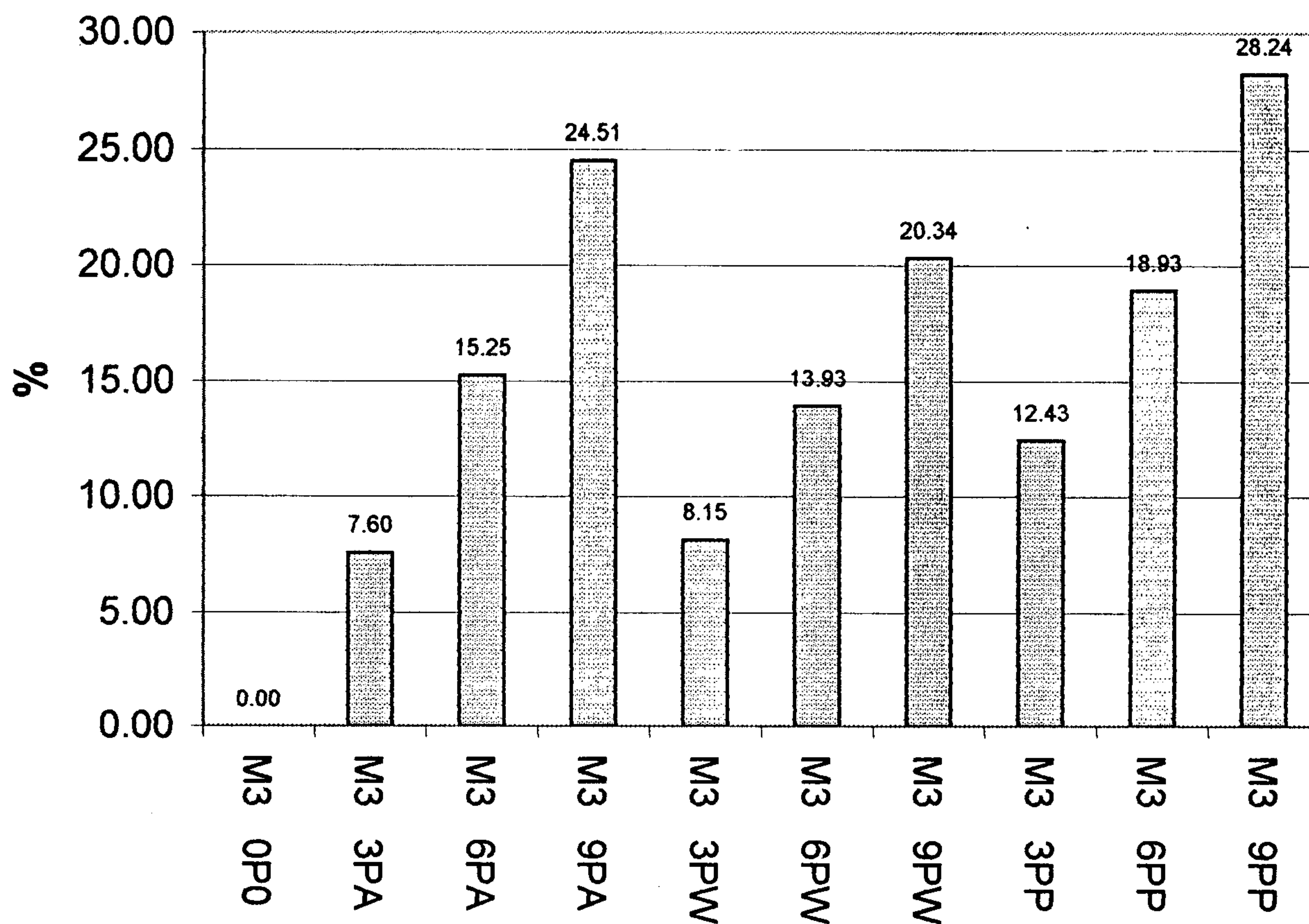
GRAFICA No.5
PORCENTAJE DE ATENUACION DE LA RADIACION PRESENTADA POR CADA UNA DE LAS PINTURAS,
APLICAIONES INCLUYENDO EL MATERIAL TABLAYESO (M3)



FUENTE: INFORMACION OBTENIDA DEL CUADRO No. 3

GRAFICA No. 6

PORCENTAJE DE ATENUACION DE LA RADIACION PRESENTADA POR CADA UNA DE LAS PINTURAS Y NUMERO DE APLICACIONES SIN INCLUIR LA ATENUACION DEL MATERIAL TABLAYESO SOBRE LA QUE FUERON APLICADAS



FUENTE: INFORMACION OBTENIDA DEL CUADRO No. 3

CUADRO No. 4
RESULTADOS DE MEDICIONES DE GROSOR DE LOS DIFERENTES MATERIALES CON SELLANTE Y LAS
DIFERENTES APLICACIONES DE PINTURA

MATERIALES	ESPESORES DE LOS DIFERENTES MATERIALES Y PINTURAS												PROMEDIO	DESV. EST.
M1Δ3PW	6.17	6.05	5.97	5.94	5.92	5.87	5.85	5.96	6.12	6.22	6.11	6.10	6.02	0.12
M1Δ6PW	5.87	6.04	6.02	5.95	6.00	5.98	6.06	6.16	6.00	5.95	6.06	5.91	6.00	0.08
M1Δ9PW	6.01	6.11	6.30	6.26	6.23	6.19	6.17	6.20	6.18	6.02	6.12	6.05	6.15	0.09
MI Δ3PA	6.05	5.90	6.05	5.92	5.97	6.06	6.00	5.92	5.93	5.98	6.05	5.99	5.99	0.06
M1Δ6PA	6.03	6.10	6.06	6.08	6.19	6.28	6.13	6.16	6.01	6.03	6.04	6.11	6.10	0.08
MI Δ9PA	6.04	6.19	6.14	6.13	6.17	6.20	6.20	6.28	6.10	6.23	6.17	6.10	6.16	0.06
M1Δ3PP	5.97	6.42	5.86	5.84	6.03	5.95	5.98	6.04	6.03	5.97	5.94	5.96	6.00	0.15
MI Δ6PP	6.30	6.00	5.96	5.98	6.05	5.98	5.95	6.04	5.91	5.90	5.99	5.89	6.00	0.11
M1Δ9PP	6.30	6.29	6.04	5.93	6.27	6.33	6.31	6.57	6.44	6.37	6.46	6.27	6.30	0.17
M2Δ3PW	6.32	6.47	6.25	6.38	6.26	6.32	6.21	6.15	6.29	6.26	6.30	6.41	6.30	0.09
M2Δ6PW	6.75	6.53	6.65	6.62	6.52	6.12	6.33	6.19	6.19	6.29	6.30	6.61	6.43	0.21
M2Δ9PW	6.45	6.49	6.47	6.37	6.39	6.47	6.42	6.50	6.51	6.50	6.69	6.37	6.47	0.09
M2Δ3PA	6.32	6.46	6.26	6.29	6.22	6.60	6.27	6.35	6.31	6.20	6.19	6.35	6.32	0.12
M2Δ6PA	6.33	6.41	6.34	6.28	7.09	6.64	6.52	6.54	6.65	6.64	6.99	6.35	6.57	0.26
M2Δ9PA	6.66	6.59	6.59	6.56	6.64	6.54	6.59	6.54	6.58	6.57	6.55	6.58	6.03	0.04
M2Δ3PP	6.38	6.39	6.25	6.30	6.18	6.28	6.39	6.16	6.27	6.44	6.41	6.33	6.32	0.09
M2Δ6PP	6.48	6.69	6.68	6.37	6.53	6.46	6.56	6.62	6.37	6.54	6.45	6.83	6.55	0.14
M2Δ9PP	6.46	6.24	6.49	6.64	6.50	6.30	6.37	6.39	6.44	6.40	6.58	6.49	6.44	0.11
M3Δ3PW	12.49	12.62	12.48	12.06	13.10	12.74	12.82	12.71	12.65	12.66	12.94	11.98	12.60	0.32
M3Δ6PW	12.72	12.52	12.53	11.57	12.95	12.70	12.74	12.70	12.76	12.74	12.99	11.89	12.57	0.42
M3Δ9PW	12.99	13.14	12.24	12.78	12.65	12.70	11.64	13.04	12.77	12.81	12.97	12.91	12.72	0.41
M3Δ3PA	12.80	12.72	12.68	12.74	12.65	12.68	12.68	12.74	12.65	12.66	12.74	12.64	12.70	0.05
M3Δ6PA	12.94	12.94	12.81	12.85	12.83	12.88	12.87	12.94	12.84	12.80	12.85	12.89	12.87	0.05
M3Δ9PA	12.90	13.13	13.04	13.08	13.20	13.15	12.98	13.16	13.03	13.03	13.21	12.93	13.07	0.10
M3Δ3PP	12.85	12.88	12.82	12.80	12.79	12.69	12.68	12.82	11.23	11.98	12.09	11.89	12.46	0.53
M3Δ6PP	12.82	12.89	12.73	12.85	12.90	11.72	12.02	12.21	12.08	12.21	12.89	12.82	12.51	0.43
M3Δ9PP	12.41	12.28	12.42	12.46	13.09	12.91	12.91	13.15	13.03	13.02	13.05	11.48	11.65	0.51

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA QUIMICA.
GUATEMALA ENERO 2,003

CUADRO No.5
RESULTADOS DE MEDICIONES DE GROSOR DE LOS DIFERENTES MATERIALES CON SELLANTE

MATERIALES	ESPESORES DE LOS DIFERENTES MATERIALES												PROMEDIO	DESV. EST.
M1Δ3PW	5.91	5.89	5.77	5.80	5.81	5.75	5.76	5.76	5.97	5.84	5.82	5.80	5.81	0.07
M1Δ6PW	5.74	5.69	5.71	5.76	5.77	5.79	5.811	5.78	5.73	5.85	5.71	5.68	5.75	0.05
M1Δ9PW	5.77	5.91	5.93	5.91	5.96	5.93	5.87	5.83	5.79	5.74	5.75	5.74	5.85	0.08
M1Δ3PA	5.87	5.83	5.82	5.97	5.85	6.16	5.92	5.78	5.79	5.90	5.78	5.81	5.84	0.11
M1Δ6PA	5.78	5.76	5.75	5.82	5.81	5.80	5.81	5.76	5.99	5.76	5.75	5.77	5.78	0.07
M1Δ9PA	5.67	5.79	5.72	5.77	5.78	5.70	5.72	5.70	5.68	5.66	5.74	5.60	5.71	0.06
M1Δ3PP	5.83	5.80	5.81	5.76	5.87	5.84	5.80	5.79	5.83	5.81	5.74	5.83	5.81	0.04
M1Δ6PP	5.65	5.71	5.74	5.90	5.74	5.79	5.76	5.78	5.65	5.65	5.73	5.69	5.74	0.07
M1Δ9PP	5.81	5.75	5.80	5.67	5.74	5.99	5.92	5.96	5.96	5.99	5.92	5.79	5.87	0.11
M2Δ3PW	6.40	6.49	6.37	6.40	6.24	6.16	6.11	6.03	6.15	6.16	6.23	6.35	6.24	0.14
M2Δ6PW	6.21	6.34	6.28	6.27	6.29	6.28	6.36	6.96	6.00	6.04	6.07	6.3	6.28	0.24
M2Δ9PW	6.34	6.17	6.09	6.18	6.14	6.20	6.28	6.26	6.27	6.25	6.28	6.35	6.26	0.08
M2Δ3PA	6.17	6.17	6.05	6.17	6.26	6.08	6.08	6.20	6.08	6.13	6.14	6.27	6.16	0.07
M2Δ6PA	6.3	6.25	6.22	6.14	6.15	6.21	6.24	6.31	6.33	6.35	6.19	6.14	6.23	0.07
M2Δ9PA	6.25	6.19	6.19	6.22	6.27	6.06	5.91	6.01	6.19	6.18	6.03	6.20	6.19	0.11
M2Δ3PP	6.27	6.28	6.12	6.16	6.14	6.18	6.15	6.06	6.26	6.22	6.23	6.31	6.20	0.08
M2Δ6PP	6.30	6.23	6.23	6.08	6.27	6.22	6.19	6.27	6.29	6.20	6.30	6.29	6.25	0.06
M2Δ9PP	6.06	6.97	5.97	6.22	6.21	6.20	6.15	6.93	6.1	6.05	6.46	6.26	6.21	0.33
M3Δ3PW	12.44	12.57	12.5	12.84	12.87	12.75	12.64	12.60	12.55	12.70	12.80	12.45	12.62	0.15
M3Δ6PW	12.42	12.38	12.5	12.99	12.79	12.56	12.55	12.47	12.51	12.70	12.80	12.92	12.56	0.20
M3Δ9PW	12.73	12.88	12.98	12.63	12.41	12.49	11.92	12.85	12.69	12.60	12.59	12.61	12.62	0.27
M3Δ3PA	12.91	12.80	12.62	12.69	12.55	12.55	12.67	12.59	12.57	12.80	12.62	12.57	12.62	0.12
M3Δ6PA	12.87	12.63	12.58	12.83	12.62	12.63	12.72	12.73	12.64	12.78	12.61	12.55	12.64	0.10
M3Δ9PA	12.64	12.82	12.63	12.61	12.65	12.63	12.62	12.68	12.62	12.58	12.66	12.69	12.64	0.06
M3Δ3PP	11.58	12.75	12.75	12.75	12.66	12.72	12.6	12.66	11.76	11.87	12.26	11.95	12.63	0.45
M3Δ6PP	12.61	12.57	12.67	12.60	12.60	11.84	11.82	11.98	12.00	11.34	12.62	12.56	12.57	0.45
M3Δ9PP	12.09	11.9	12.29	11.24	12.69	12.64	12.57	12.68	12.59	12.66	12.7	11.58	12.58	0.50

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA QUIMICA, GUATEMALA 2003

CUADRO No. 6
 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE LAS PROBETAS EN ESTUDIO CON Y SIN PINTURA
 DETERMINANDO MEDIA, DESVIACION ESTANDAR Y GROSOR DE PINTURA.

MATERIALES	GROSOR DE MAT+SELLANTE		G. MAT+SELLANTE+PINTURA		GROSOR DE PINTURA
	MEDIA	DESV. EST.	MEDIA	DESV. EST.	
M1 Δ 3PW	5.81	0.07	6.05	0.12	0.25
M1 Δ 6PW	5.75	0.05	6.00	0.08	0.25
M1 Δ 9PW	5.85	0.08	6.18	0.09	0.33
MI Δ 3PA	5.84	0.11	5.99	0.06	0.15
M1 Δ 6PA	5.78	0.07	6.10	0.08	0.32
MI Δ 9PA	5.71	0.06	6.17	0.06	0.46
M1 Δ 3PP	5.81	0.04	5.97	0.15	0.16
MI Δ 6PP	5.74	0.07	5.98	0.11	0.25
M1 Δ 9PP	5.87	0.11	6.31	0.17	0.44
M2 Δ 3PW	6.24	0.14	6.30	0.09	0.06
M2 Δ 6PW	6.28	0.24	6.52	0.21	0.24
M2 Δ 9PW	6.23	0.08	6.47	0.09	0.25
M2 Δ 3PA	6.16	0.07	6.31	0.12	0.15
M2 Δ 6PA	6.23	0.07	6.54	0.26	0.31
M2 Δ 9PA	6.19	0.11	6.58	0.04	0.39
M2 Δ 3PP	6.20	0.08	6.33	0.09	0.13
M2 Δ 6PP	6.25	0.06	6.54	0.14	0.29
M2 Δ 9PP	6.13	0.15	6.46	0.11	0.34
M3 Δ 3PW	12.62	0.15	12.71	0.32	0.09
M3 Δ 6PW	12.56	0.20	12.72	0.42	0.17
M3 Δ 9PW	12.62	0.27	12.81	0.41	0.19
M3 Δ 3PA	12.62	0.12	12.68	0.05	0.06
M3 Δ 6PA	12.64	0.10	12.87	0.05	0.23
M3 Δ 9PA	12.64	0.06	13.08	0.10	0.45
M3 Δ 3PP	12.63	0.64	12.79	0.53	0.16
M3 Δ 6PP	12.57	0.45	12.82	0.43	0.26
M3 Δ 9PP	12.58	0.50	12.97	0.51	0.39

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS. GUATEMALA ENERO 2,003.

INTERPRETACION DE LOS CUADROS No. 4, 5 Y 6.

En estos cuadros se presentan los resultados de las mediciones de cada una de las probetas en estudio con el fin de tener un aproximado del grosor de cada uno de los materiales con el sellante de superficies y del grosor aproximado de las películas o capas de las pinturas con el diferente número de aplicaciones ($\Delta 3$, $\Delta 6$ y $\Delta 9$).

En el cuadro No.4 se puede observar los grosores obtenidos del material en estudio incluyendo el sellante de superficies y las diferentes aplicaciones de pintura, además se incluye el promedio del grosor de toda la plancha que se obtuvo de sacarle la media estadística a todas las medidas registradas y también la desviación estandar de las mismas. Como se puede observar para el M1 $\Delta 3$ PW se obtuvo una media de superficie de 6.02 y una desviación estandar de 0.12. Todo esto expresado en milímetros. Para el M1 $\Delta 6$ PW se obtuvo una media de 6.00 y una desviación estandar de 0.08 mm, y así sucesivamente.

En el cuadro No.5 se puede observar los grosores obtenidos de todos los materiales en estudio mas el sellante, (todos sin pintura) con su respectiva desviación estandar.

En el cuadro No. 6 se puede observar que se compararon los grosores de los diferentes materiales en estudio con sellante y del grosor de los materiales con sellante y ademas pintura.

Todo esto con el fin de poder establecer el grosor de pintura según sus aplicaciones ($\Delta 3$, $\Delta 6$ y $\Delta 9$) y sobre que superficie se obtiene una aplicación más homogénea, es decir que como se puede ver en este cuadro, al aplicar tres capas de pintura de agua sobre una superficie (tratada con sellante de superficie) de plywood se obtiene un grosor aproximado de pintura de 0.25 mm, al aplicar 6 capas ($\Delta 6$) de pintura de agua (PW) sobre una superficie (tratada) de plywood (M1) se obtiene un grosor aproximado de 0.25 mm. a diferencia de si se aplica el mismo tipo de pintura sobre una superficie tratada de fibrolit (M2) se obtiene un grosor aproximado de pintura de agua con tres aplicaciones de 0.06 mm., y un grosor aproximado de pintura de agua con 6 aplicaciones se obtiene un grosor de pintura de agua de 0.24mm. Si se aplica de la misma forma el mismo tipo de pintura con tres aplicaciones sobre una material de tablayeso (M3) se obtiene un grosor de pintura aproximado de 0.09 mm, y si se aplican 6 capas de pintura se obtiene un grosor de pintura de 0.17mm.

Por lo que se puede concluir que con la pintura de agua (PW) se obtiene un mejor resultado si se aplica sobre una superficie tratada de fibrolit (M2) o de tablayeso (M3), no así sobre plywood.

CONCLUSIONES

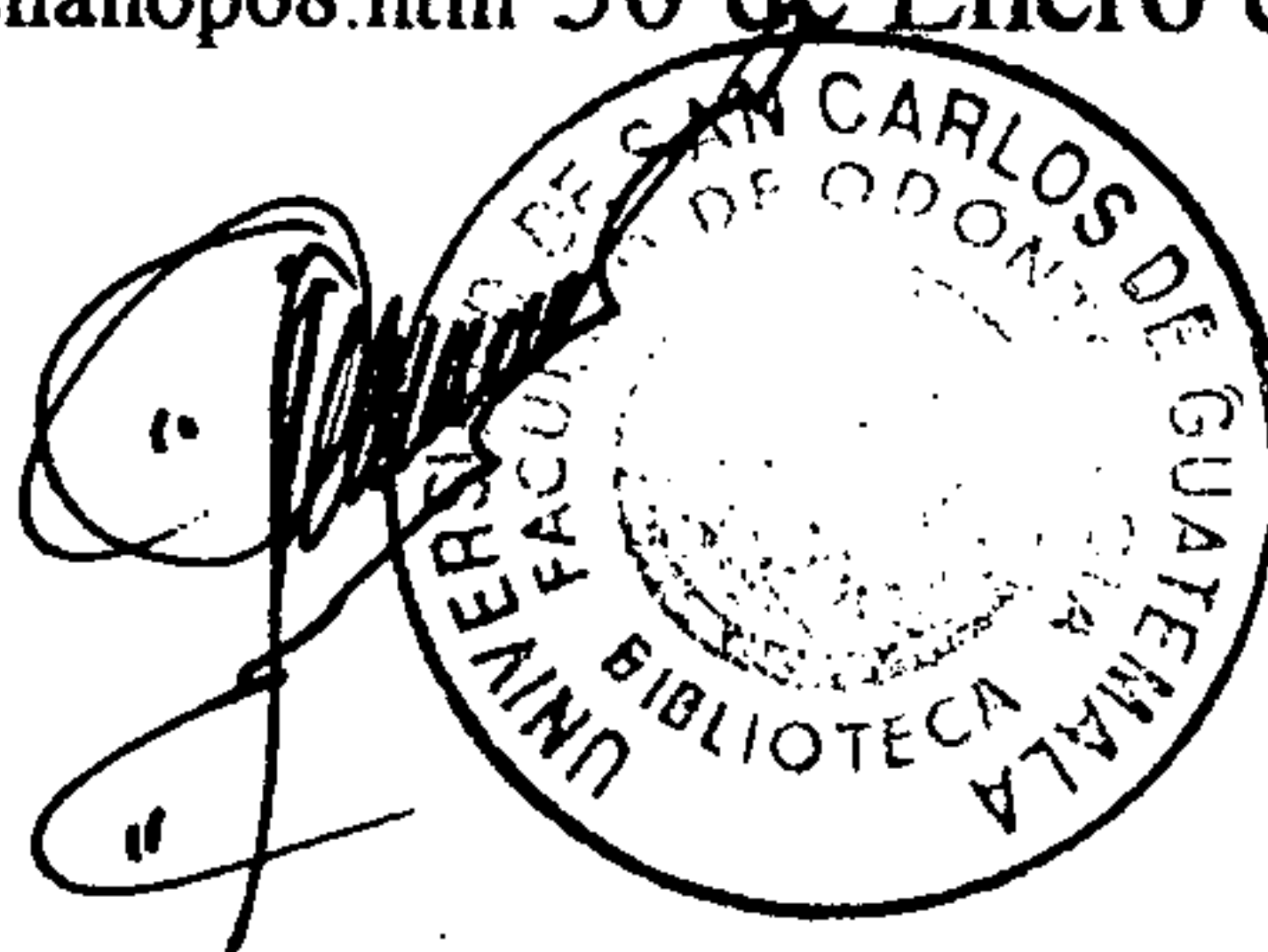
- 1.- Se logró establecer que al comparar los diferentes tipos de pintura y su efectividad como atenuador del porcentaje de radiación los tres tipos de pintura alcanzan desde un 10.47% hasta un 58.53%. Por lo que se puede ver que son efectivas.
- 2.- Se logró establecer también, que los tres tipos de pintura en estudio presentaban un porcentaje de atenuación de la radiación cuando se aplicaban sobre superficies, (tratadas con sellante de superficie), de fibrolit y tablayeso, observando un descenso muy marcado cuando estas se aplicaban sobre una superficie tratada de plywood, en especial la pintura de agua (PW).
- 3.- Se logró establecer que al comparar las pinturas y su efectividad de atenuar el porcentaje de radiación, no hubo una diferencia porcentual muy marcada cuando se le adicionaron partículas de plomo.

RECOMENDACIONES

- 1.- Que la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, divulgue al gremio odontológico los resultados del presente estudio para que sean usados con confianza y siguiendo los lineamientos que en él se presentan.
- 2.- Que se imparta a nivel del curso de radiología los conocimientos aquí obtenidos y sean utilizados en la clínica dental del profesional y en esta casa de estudios.
- 3.- Que se imparta a nivel del curso de radiología actualización de términos en cuanto a mediciones de absorción de radiación ya que las que se conocen están desactualizadas.
- 4.- Que se realicen estudios adicionales a este, tomando en cuenta la utilización del sulfato de bario (Barita), como material alternativo de protección contra la radiación ionizante pero tomando en cuenta hacer una planificación estadística previa, para poder realizar estudios en los que se puedan hacer pruebas de significancia estadística.

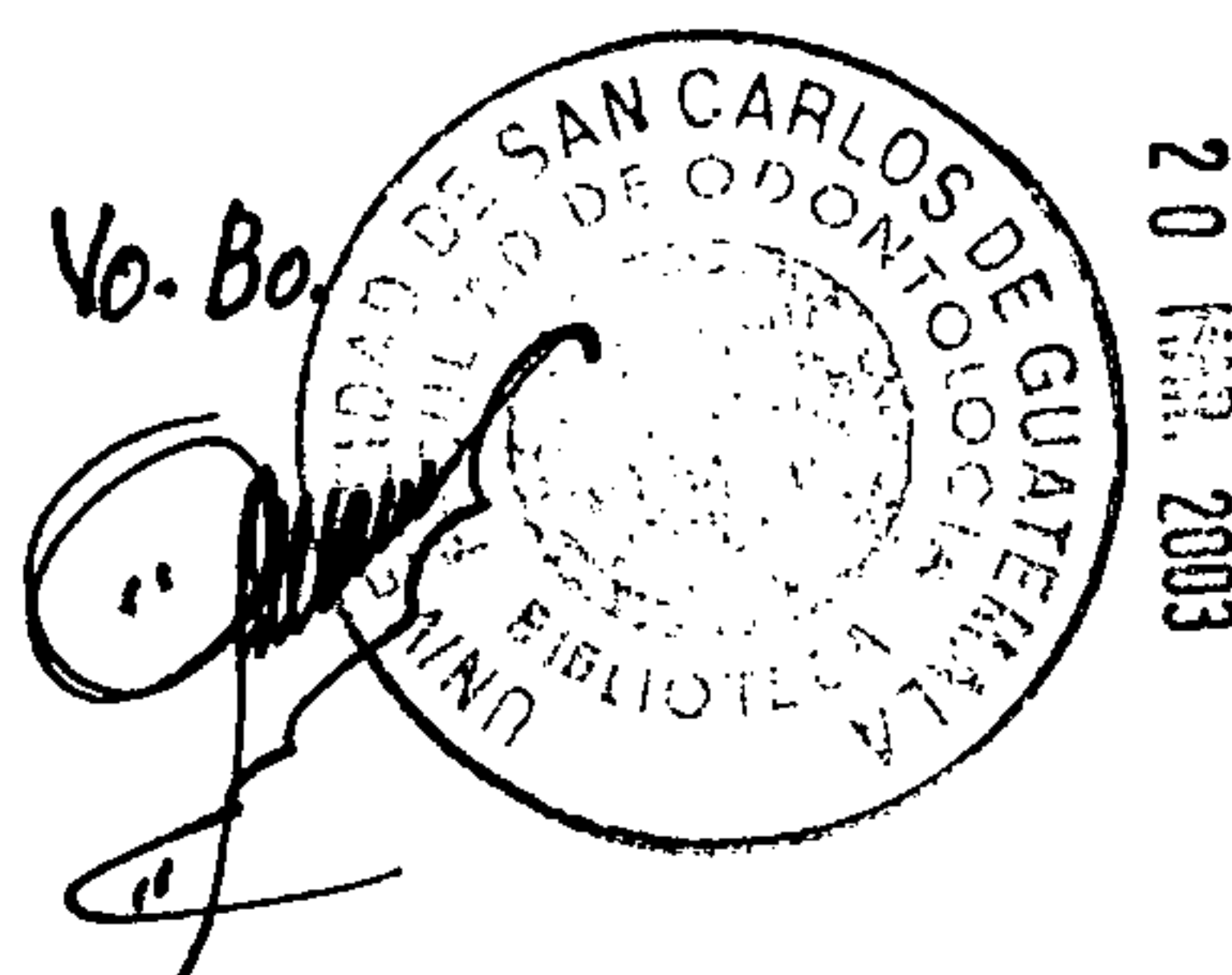
BIBLIOGRAFIA

1. Bario. -- En: Internet. http://www.mcgraw-hill.es/Tabla_periodica/element/tex5.html 20 de Febrero del 2002.
2. Bario. -- En: Internet. <http://www.igme.es/internet/publicaciones/panorama/bario.htm> 10 de Septiembre del 2002.
3. Barita. -- En: Internet. <http://www.igce.unesp.br/igce/petrologia/nardy/dbbarita.html> 22 de Mayo del 2002.
4. Chamberlain, R. D. -- Manual práctico sobre el uso de los rayos x en medicina y odontología y el control de los peligros de la radiación. - Colegio Americano de Radiología. -- Chicago, 1970. -- 48 p.
5. Diccionario médico de bolsillo Dorlan. -- 23ª ed. -- Madrid : interamericana, 1988. -- pp. 106.
6. EDUCYT. -- Rayos mortales. En: Internet. <http://www.de.fcen.uba.ar/prensa/educyt/2000/ed133b.htm> 15 de septiembre del 2000.
7. Guatemala. Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía Nuclear. -- Protección radiológica dosimetría. -- Guatemala, 1984. -- 12 p.
8. Izo-Barita 325.A // 325.C. -- En: Internet. <http://www.vermiculita.ind.br/barita.htm> 30 de Enero del 2002.
9. Jimenez, Antonio. -- Bario. -- En: Internet. <http://www.adi.uam.es/docencia/elementos/spv21/sinmarcos/ba.html> 18 de Agosto del 2002.
10. Membrana acústica danosa. -- En: Internet. <http://www.danosa.com/castellanop68.htm> 30 de Enero del 2002.



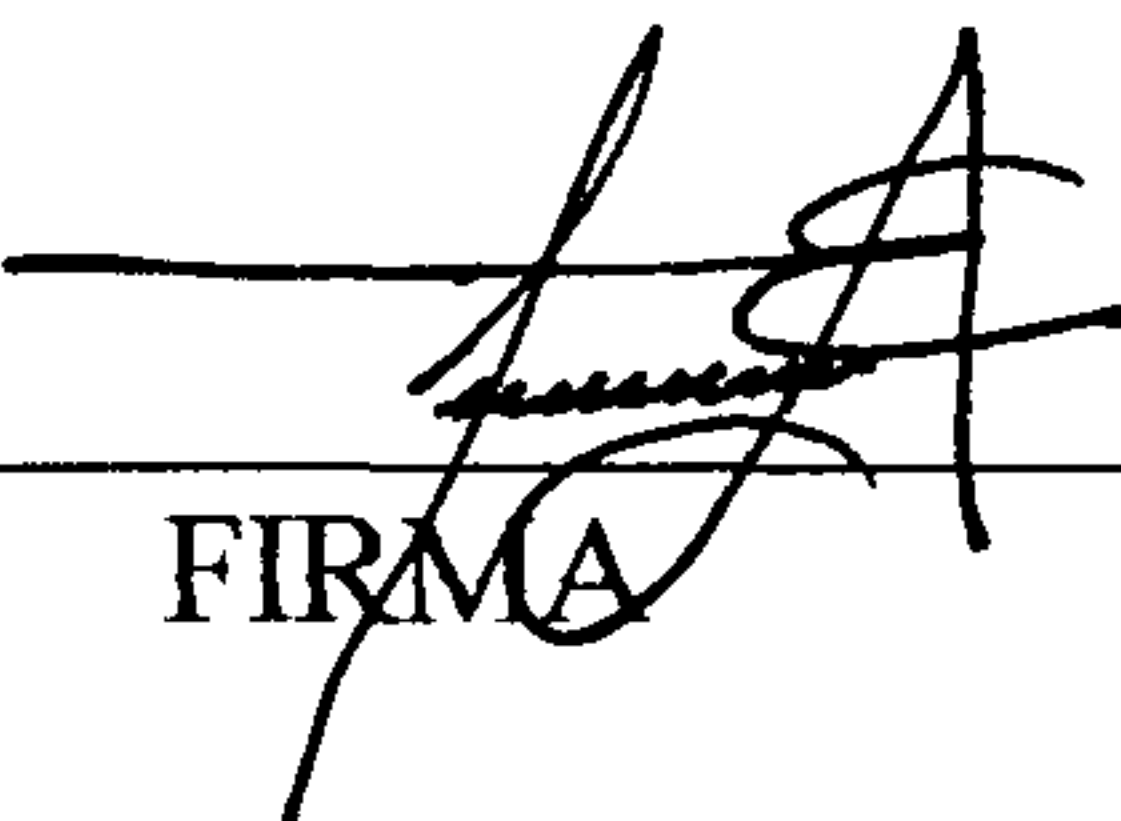
20 MAR. 2003

11. Museo Geológico Virtual de Venezuela. -- Barita. -- En: Internet.
<http://www.pdv.com./lexico/> 30 de Enero del 2002.
12. Ontiveros, Carlos. -- Barrio. -- En: Internet.
<http://members.es.tripod.de/sp/BA.HTML> 30 de Enero del 2002.
13. Organismo Internacional de Energía Atómica. -- Procedimientos de protección radiológica. -- Viena, OIEA, 1974. -- 214 p. (Colección Seguridad No 38).
14. Sáenz, G. R. -- Dosis máximas permisibles. -- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Energía Nuclear. -- Guatemala, 1986. 4 p.
15. Sittler, S.-- Detección de radiación en los consultorios privados de la capital.-- Tesis (Cirujano Dentista) -- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1987. -- 87 p.



El contenido de esta Tesis es única y exclusiva responsabilidad del Autor.

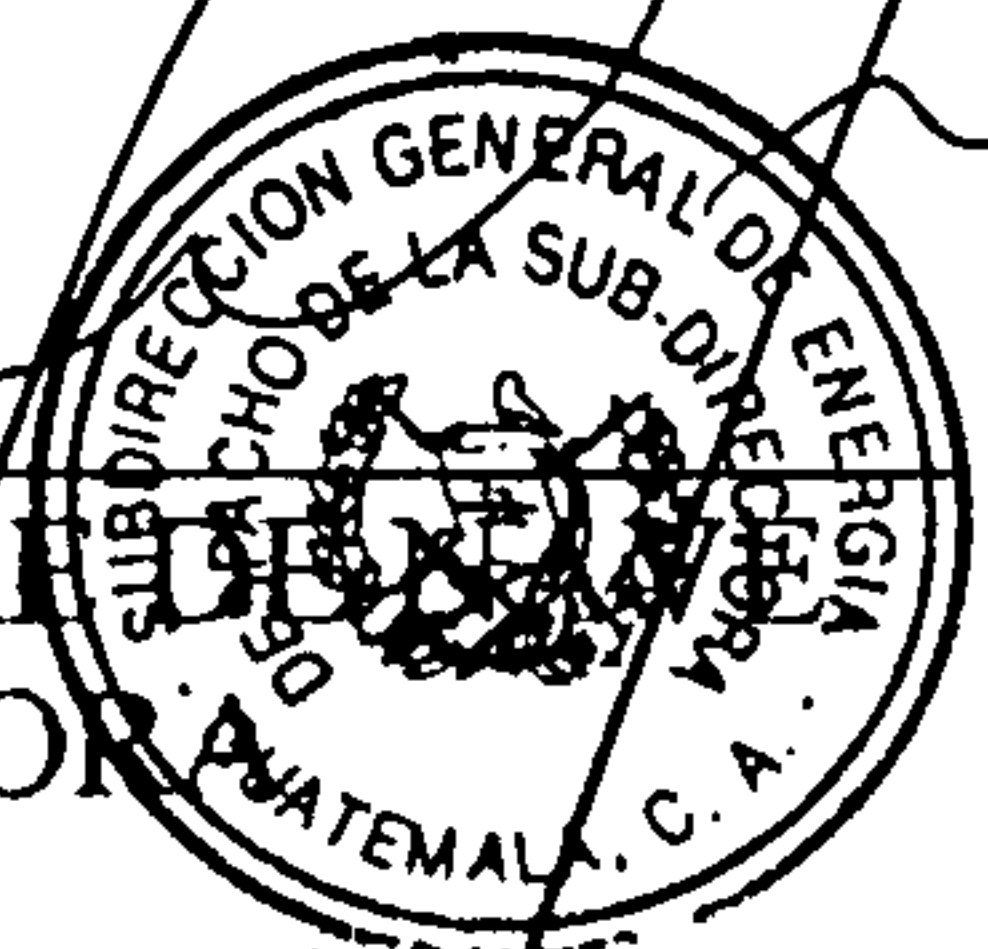
FRANCIA ELIZABETH ANGEL SIGUENZA.

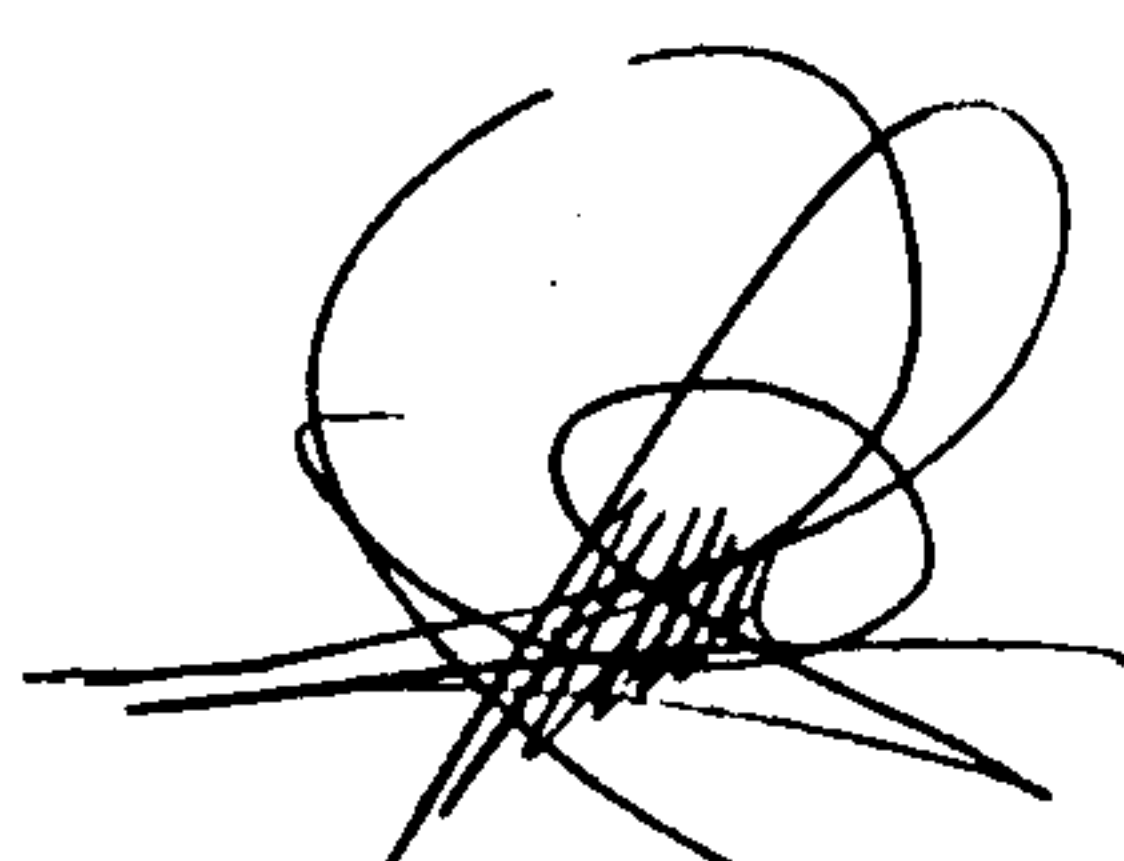


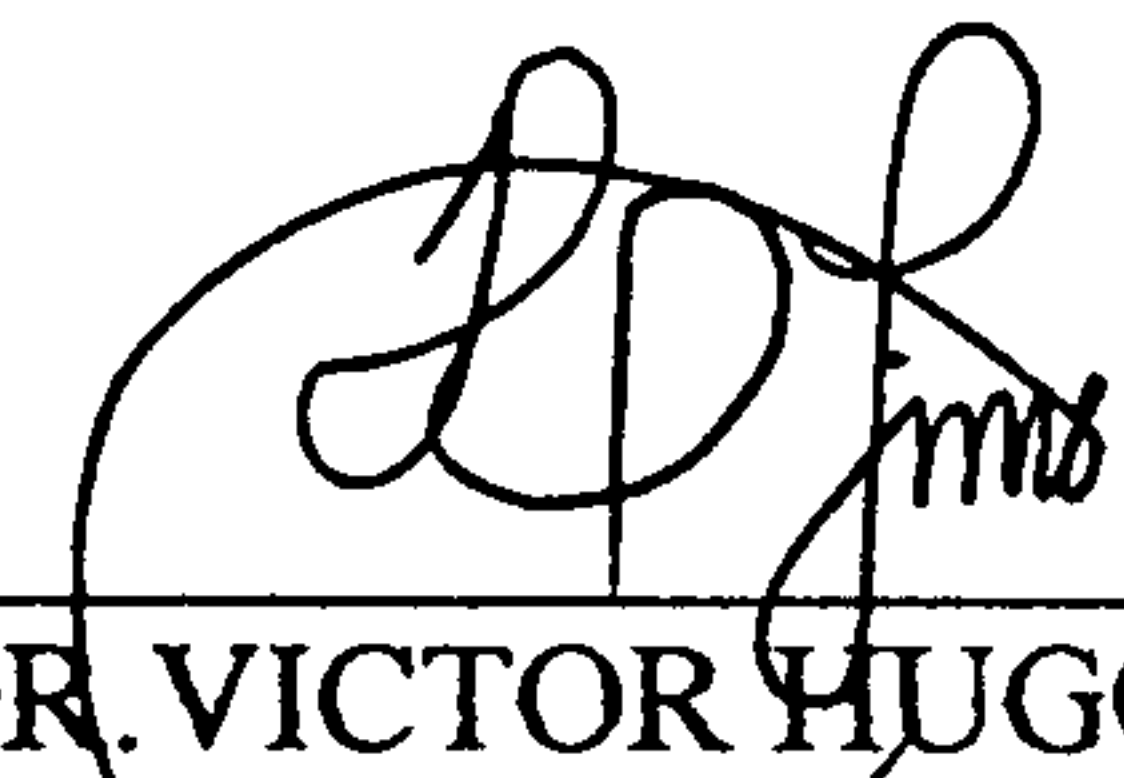
FIRMA


FRANCIA ANGEL
SUSTENTANTE

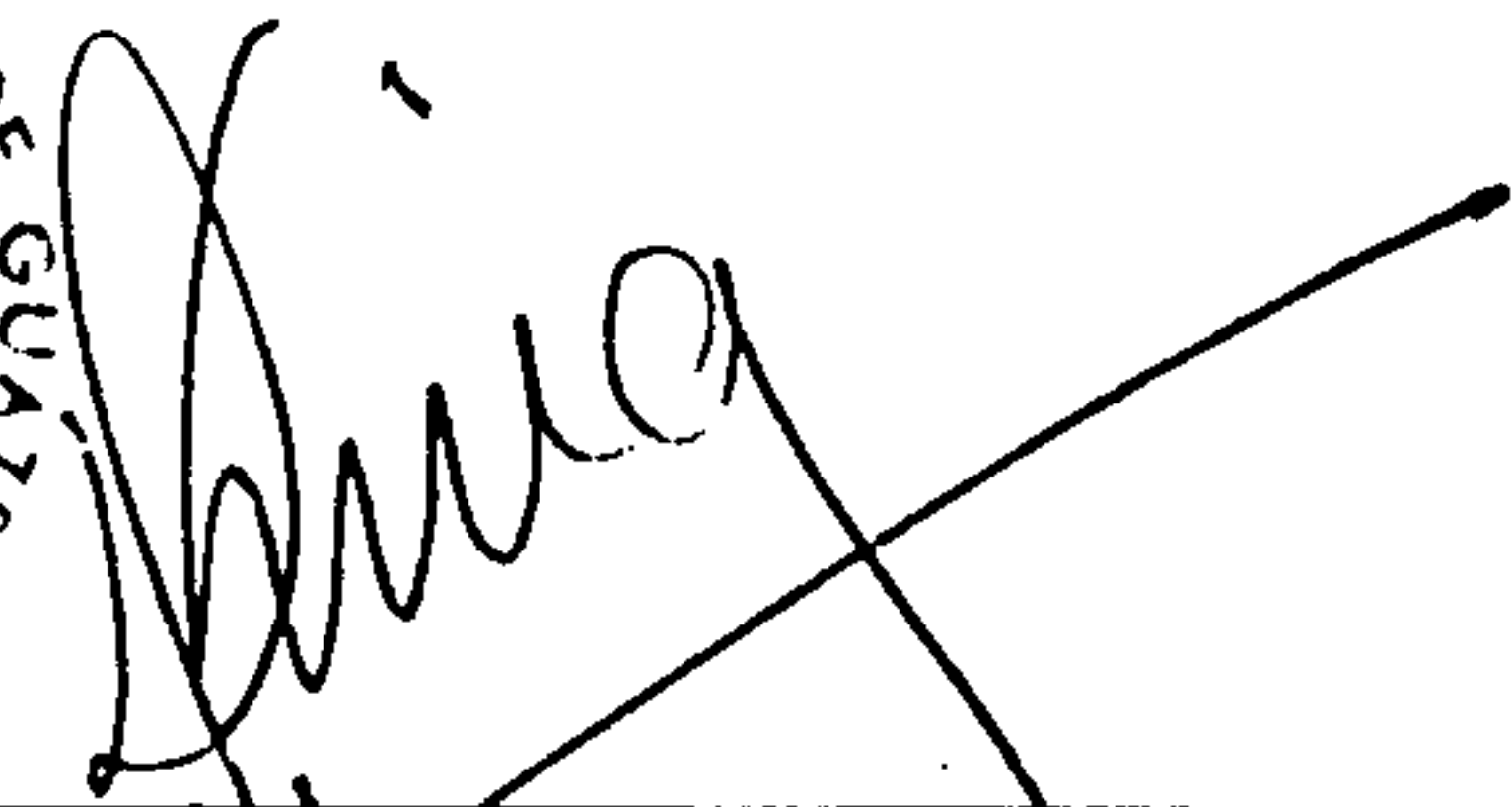

LICDA. FREIRE
ASESORA




DR. GUILLERMO ESCOBAR. LOPEZ.
ASESOR


DR. VICTOR HUGO LIMA SAGASTUME
COMISION DE TESIS




DRA. DORA KING DE GARCIA
COMISION DE TESIS



IMPRIMASE:


DR. OTTO RAUL TORRES BOLAÑOS.
SECRETARIO.

