

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

**CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURAS INDUSTRIALES
MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END)**

PRESENTADO POR: Bach. Benilde Santos CERÓN RAMOS

AYACUCHO – PERÚ

2019

Mi agradecimiento a :

Dios, por todas esas oportunidades dadas, y por las que aún me pondrá en mi camino.

mi alma máter Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

mis Docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia

Mi gratitud eterna al Ing° Luis Quispe Cisneros.

Docente de la FIQM

DEDICADO A :

*Mis padres; a él por mostrarme la majestuosidad de la ingeniería, a ella, por ser fuente
inagotable de amor puro y leal.*

A mis hermanos Zara, Yuri y Nilza por su incondicional apoyo en mi toma de decisiones.

A mis pequeñas Holyanna y Alone, mis razones de inspiración y superación

Flor de María, P.A.

..... todos aquellos, que en algún momento confiaron y creyeron en mí.

ÍNDICE

ÌNDICE DE TABLAS	vi
ÌNDICE DE FIGURAS	vii
NOMENCLATURA	ix
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
CAPITULO I. ACTIVIDAD PROFESIONAL	4
1.1 Introducción al control de calidad en soldaduras industriales	4
1.2 Ensayos no destructivos (END)	5
1.2.1 Requisitos de los END por niveles	6
1.2.2 Responsabilidad funcional en END según nivel I, II y III	8
1.3 Resumen de la actividad preprofesional	8
1.3.1 INGECONTROL SAC	10
1.3.2 INSPECTION TECHNOLOGIES (NDT)	11
1.3.3 INTERNATIONAL INSPECTING AGENCY SAC	12
1.4 Responsabilidad del Ingeniero Químico en proyectos de instalación de gas natural o gas licuado de petróleo	13
1.5 Resumen de la experiencia laboral	14
CAPITULO II. RADIOGRAFIA INDUSTRIAL	15
2.1 Radiactividad	15
2.2 Radiación ionizante	17
2.2.1 Rayos gamma	17
2.3 Gammagrafía industrial	18
2.4 Iridio ¹⁹	19
2.5 Ventajas y desventajas de la radiografía industrial	19
2.6 Aplicaciones de la radiografía industrial	20
2.7 Intensidad de la radiación (Actividad)	20
2.8 Detectores de radiación	22
2.9 Dosímetro	23
2.10 Efectos de la radiación	24

2.11	Protección radiológica	24
2.11.1	Justificación	24
2.11.2	Optimización	24
2.11.3	Límite de dosis	24
2.12	Medidas básicas de protección radiológica	25
2.12.1	Distancia	25
2.12.2	Blindaje	25
2.12.3	Tiempo	25
2.13	Límite de dosis ocupacional	25
2.14	Radiografía industrial o testing radiography (RT)	26
2.15	Secuencia operacional del ensayo por RT	27
2.16	Tiempo, dosis y distancia de exposición	27
2.16.1	Tiempo de exposición	28
2.16.2	Dosis de exposición	28
2.16.3	Distancia de exposición	29
2.16.4	Espesor de blindaje	29
2.17	Película radiográfica	30
 CAPITULO III. SOLDADURA INDUSTRIAL Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		33
3.1	Soldadura	33
3.2	Tipos	33
3.3	Posiciones de soldadura o soldeo	35
3.4	Electrodo	36
3.5	Sucesos durante el proceso de soldadura	37
3.6	Procedimiento de soldadura	38
3.7	Ensayos no destructivos aplicados a la soldadura	40
3.7.1	Descripción	40
3.7.2	Clasificación	40
3.8	Calidad de soldadura	42
3.8.1	Interpretación, evaluación y calificación de indicaciones	42
3.8.2	Criterio de aceptación y/o rechazo	43

3.8.3	Reporte y/o informe de resultados	43
3.9	Calificación de defectos según Norma API 1104	43
3.9.1	Radiografía industrial (RT)	44
3.9.2	Tintes penetrantes (PT)	44
3.9.3	Partículas magnéticas (MT)	45
3.9.4	Ultrasonido industrial (UT)	45
3.10	Inspección visual (VT)	46
3.10.1	Herramientas, instrumentos	46
3.10.2	Técnicas	47
3.10.3	Ventajas de la inspección visual	47
3.11	Tintes penetrantes (PT)	47
3.11.1	Tipos	48
3.11.2	Características	49
3.11.3	Pasos a seguir en la aplicación	49
3.11.4	Usos	49
3.11.5	Propiedad y limpieza	50
3.11.6	Condiciones previas de aplicación o consideración	50
3.12	Partículas magnéticas (MT)	51
3.12.1	Características	51
3.12.2	Tipos	52
3.12.3	Verificación del poder de carga (o levante)	52
3.12.4	Uso del indicador de campo	52
3.12.5	Proceso de ejecución	52
3.12.6	Evaluación de discontinuidades	53
3.13	Radiografía industrial (RT)	54
3.13.1	Ventajas	55
3.13.2	Limitaciones	55
3.14	Ultrasonido (UT)	56
3.14.1	Aplicaciones	56
3.14.2	Ventajas	57
3.14.3	Limitaciones	57

3.14.4	Calibración angular del equipo de ultrasonido (UT)	58
3.14.5	Uso del bloque International Institute of Welding (IIW) tipo 1	59
3.14.6	Evaluación de indicaciones según el código AWS D1.1	60
3.15	Procedimiento de inspección de los END	61
3.16	Códigos, normas, estándar y especificación	61
3.16.1	Código	62
3.16.2	Estándar	62
3.16.3	Especificación	62
3.17	Imágenes radiográficas con indicaciones	63
CAPITULO IV. APORTES PARA LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL Y DISPOSICIÓN FINAL DE INSUMOS QUÍMICOS		64
4.1	INGECONTROL SAC	64
4.1.1	Plan de Seguridad Radiológica N° IGC-IRG-103	65
4.1.2	Procedimiento para el uso, transporte, almacenamiento y disposición de productos químicos para radiografía N° IGC-IRG-104	65
4.2	INSPECTION TECHNOLOGIES SAC	65
4.2.1	Manual de protección radiológica NIT-MPR-002	65
4.2.2	Procedimiento de seguridad física NIT-PSF-001	66
CAPITULO V DISCUSIONES		67
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		70
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA		71
ANEXOS		73
ANEXO 1. PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA N° IGC-IRG-103		74
ANEXO 2. PROCEDIMIENTO PARA EL USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO DISPOSICIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS DE RADIOGRAFÍA N° IGC-IRG-104		89
ANEXO 3. MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA NIT-MPR-002		97
ANEXO 4. SEGURIDAD FÍSICA DE RADIOGRAFÍA NIT-PSF-001		132
ANEXO 5. CÁLCULO DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN PARA		

TOMA RADIOGRAFICA	150
ANEXO 6. REPORTES DE DOSIMETRÍA	154
ANEXO 7. EMISIÓN DE REPORTES END	155
ANEXO 8 CERTIFICADOS DE CAPACITACIÓN END	160
ANEXO 9. CERTIFICACIONES END ANTERIORES	162
ANEXO 10 CERTIFICACIONES END VIGENTES	165
ANEXO 11. ALGUNAS UNIDADES DE ACTIVIDAD DE ENERGÍA y DOSIS	168
ANEXO 12. HOJA MSDS DEL Ir ¹⁹²	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de calificación dentro de los END	7
Tabla 2. Responsabilidad funcional por Niveles END	8
Tabla 3. Características de algunos radioisótopos utilizados como fuentes de gammagrafía industrial	19
Tabla4. Propiedades físico químicas de fuentes radioactivas	21
Tabla 5. Valores semi reductores de algunos materiales	22
Tabla 6. Tipos de detectores de radiación	22
Tabla 7. Magnitudes y unidades más utilizadas para medir la radiación y los compuestos radiactivos	23
Tabla 8. Magnitudes relacionadas con la dosis de radiación ionizante	23
Tabla 9. Característica de radionúclidos de uso más frecuente en RT	26
Tabla10. Características de electrodos a usarse según procedimiento	36
Tabla11. Aplicabilidad de las distintas técnicas de END	41
Tabla12. Clasificación de los END según su principio físico	42
Tabla13. Resumen de criterios de aceptación o rechazo en RT	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen de la experiencia laboral	14
Figura 2. Tres tipos de rayos emitidos por elementos radiactivos.	16
Figura 3. Poder de penetración de los diferentes rayos ionizantes	18
Figura 4. Técnica de exposición radiográfica	20
Figura 5. Equipo de gammagrafía industrial	21
Figura 6. Medios de protección contra la radiación ley la inversa del Cuadrado	25
Figura 7. Componentes de la película radiográfica	31
Figura 8. Procesado de la película radiográfica	32
Figura 9. Posiciones de soldadura en plancha	35
Figura 10. Posiciones de soldadura en tubería	35
Figura 11. Partes del cordón de soldadura	37
Figura 12. Esquema de pases de soldadura según procedimiento línea de tubería	38
Figura 13. Descripción preparación de una soldadura	39
Figura 14. Tipos de soldadura	39
Figura 15. Inspección visual	47
Figura 16. Aplicación de líquidos penetrantes	50
Figura 17. Inspección por líquidos penetrantes accesorio Ø 3"	51
Figura 18. Prueba de magnetización	52
Figura 19. Inspección por partículas magnéticas	54
Figura 20. Radiografía industrial	56
Figura 21. Ultrasonido	58
Figura 22. Dimensiones y posiciones de calibración angular, mediante bloque Patrón IIW	59
Figura 23. Calibración de equipos	60
Figura 24. Inspección por ultrasonido técnica TOFD	61
Figura 25. Interpretación radiográfica API 1104 poros (P) (CP)	63

Figura 26. Interpretación radiográfica API 1104 material extraño	63
Figura 27. Interpretación radiográfica API 1104 falta de fusión (IF)	63
Figura 28. Interpretación radiográfica API 1104 escoria lineal (ESI)	63

NOMENCLATURA

END	Ensayos no destructivos
NDT	Nondestructive testing
RT	Radigrafic testing
UT	Testing ultrasonunds
MT	Magneting testing
PT	Penetrant testing
VT	Visual testing
API	American institute petroleum
ASME	American society of mechanical engineers
AWS	American welding society
ASNT	American society for nondestructive
ASTM	American society testing materials
IIW	Institute international of welding
SNT-TC-IA	Personal qualification and certification in nondestructive testing
INRENA	Instituto nacional de recursos naturales
IPEN	Instituto peruano de energía nuclear
OTAN	Oficina técnica de la autoridad nacional
HMF	Humberto Moyano Fernández
NIT	NDT inspection technologies
SAC	Sociedad anónima cerrada
LNG	Gas natural licuado
TgP	Transportadora de gas del Perú
PPS	Peru piping spools

EPC	Expansion de la planta de procesamiento de gas natural Malvinas Cuzco
MeV	Milielectrovoltios
TLDs	Dosímetro termoluminiscente
OSL	Dosímetro de luminiscencia estimulada ópticamente
ICRP	Comisión internacional de protección radiológica
AIEA	Agencia internacional de energía atómica
T	Tiempo de exposición
FP	Factor película
D	Diámetro
A	Actividad de la fuente en Ci
X	Espesor del elemento en mm o pulgadas
Γ	Factor gamma
H	Constante hemirreductora del acero
H°	Dosis de exposición en Sv
d	Distancia en mm o m
H ₂	Dosis final del radionúclido en mSv/h
H ₁	Dosis inicial del radionúclido en mSv/h
FP	Factor película
HVL	Half value layer
R	Röntgen
SMAW	Shielded metal arc welding
GMAW	Gas metal arc welding
FCAW	Fux cored arc welding
GTAW	Gas tungsten arc welding

WPS	Welding procedure specification
PQR	Procedure qualification record
WPQ	Welder's qualification record
ET	Electromagnetismo
AC	Corriente alterna
CD	Corriente continua
TOFD	Time of flight diffraction ultrasonics
IR	Instructivo radiológico
RP	Protección radiológica
PR	Resolución de presidencia
IGC-IRG	Ingecontrol – instructivos radiográficos generales

INTRODUCCION

El presente Informe de Experiencia Profesional es referido a la aplicación de los Ensayos no destructivos (END), cuyo objetivo principal viene a ser, la evaluación del estado de un material, pieza, elemento o parte del mismo sin que éste quede afectado en sus propiedades químicas, físicas, mecánicas, dimensionales y mucho menos afecten su funcionalidad.

Para realizar la correcta realización de los END, se debe utilizar patrones de calibración y estándares de referencia con los que comparar los resultados obtenidos. Las principales normas o códigos de fabricación quedan recogidas en **American Society of Mechanical Engineers (ASME)**, **American Petroleum Institute (API)**, **American Welding Society (AWS)**, **American Society of Testing Materials (ASTM)**, etc.

El inspector encargado de realizar el END debe estar debidamente calificado y certificado por la **The American Society For Nondestructive Testing (ASNT)**, según niveles I, II, y III, acorde al requisito establecido por la norma **Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing (SNT-TC-1A)**; quedando capacitados para el manejo de equipos y la realización de las diferentes técnicas, además de adquirir conocimiento de los materiales que inspeccionan.

Los END, son realizados in situ, en el proceso de fabricación, y en tiempo de servicio; ya que principalmente se utilizan para el control de calidad de materiales, estructuras, o piezas.

Si la inspección se realiza en el proceso de manufactura se evalúa su calidad y confirmar su elaboración según normas y/o especificaciones que acrediten su calidad exigida.

Para equipos, elementos y/o piezas en servicio se realizan inspecciones periódicas que determinan si éstos pueden usarse de forma segura, con el fin de detectar con tiempo suficiente las modificaciones que puedan sufrir y establecer la posibilidad de su reparación o cambio definitivo a tiempo.

Existe gran variedad de técnicas END enfocadas a examinar los materiales para determinar la presencia, localización y tamaño de discontinuidades que pudieran perjudicar la operatividad de piezas en servicio o su inclusión en el servicio. Entre las más usadas tenemos la inspección visual, inspección por tintes penetrantes, inspección por partículas magnéticas, radiografía industrial y ultrasonido industrial; como otras cuyo uso están limitados como la termografía, emisiones acústicas, etc.

Una vez caracterizada la indicación o discontinuidad, y teniendo en cuenta distintos patrones de calibración y estándares de referencia de las distintas normas, se determinará si la indicación detectada pone en peligro el uso del elemento, pieza o parte del mismo; de ser el caso afirmativo dicha indicación se considerará un defecto.

Finalmente, cabe señalar que la estructura del presente informe de trabajo profesional ha tomado en cuenta lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Química vigente para la presente modalidad de titulación.

OBJETIVOS

1. Presentar los aspectos teóricos y principios básicos de los ensayos no destructivos (END) aplicados en la soldadura industrial para evaluar su calidad.
2. Demostrar que el uso de los ensayos no destructivos son herramientas fundamentales para el control y garantía de la calidad de materiales, soldaduras, equipos, piezas o partes; en su desarrollo del proceso productivo, puesta en montaje o mantenimiento; con la finalidad de prevenir accidentes, preservar la vida y el medio ambiente.
3. Mostrar los procedimientos de ensayo de acuerdo al requerimiento en el control de calidad para alcanzar la sanidad e integridad del cuerpo, superficie o la soldadura del elemento a inspeccionar.
4. Dar a conocer mediante procedimientos propuestos e implementados acerca de los principios básicos de protección y seguridad radiológica aplicados o necesarios para la ejecución de la radiografía industrial.

CAPITULO I ACTIVIDAD PROFESIONAL

1.1 Introducción al control de calidad en soldaduras industriales

El desarrollo industrial que ha marcado la evolución del hombre a través de la historia, y al estar íntimamente ligado con el control de los procesos de fabricación y el buen desempeño en servicio de los diversos materiales como los metales, polímeros o cerámicos y al ser un importante ejercicio el control de calidad de los materiales, se cuenta con una diversidad de técnicas de inspección que proporcionan datos que permiten estudiar el comportamiento del elemento, para garantizar su buen funcionamiento o fabricación.

Para conocer las características de un material, es común recurrir a la aplicación de Pruebas Destructivas, las cuales modifican las propiedades físicas de la pieza en prueba, como son la prueba de dureza, tensión, compresión, torsión e impacto.

La aplicación de ensayos no destructivos, permite conocer las cualidades físicas de un material, los cuales no dañan la integridad física ni química del material a inspeccionar; algunas pruebas no destructivas conocidas son el ultrasonido, la radiografía industrial, las partículas magnéticas, tintes penetrantes, corrientes electromagnéticas, entre otras.

Con la ayuda de este tipo de pruebas se puede saber si un material presenta discontinuidades, internas o superficiales, que al ser evaluadas representan un criterio de aceptación o rechazo.

El estudio y análisis de los defectos de las soldaduras se ha convertido en algo esencial para los que trabajan en el ramo de la soldadura industrial, ya que un defecto puede llegar a alterar el buen funcionamiento de aquellas máquinas, ductos y construcciones en que se emplea.

La realización de una construcción con soldadura de calidad es muy importante, si el trabajo es en equipo conformado por el soldador, inspector y supervisor, puesto que permitirá que haya correcciones oportunas en las etapas de construcción y funcionamiento. Lo más importante es la detección de las discontinuidades en el cordón de soldadura y las partes del elemento inspeccionado, evitando que existan fallas no detectadas; las mismas que podrían originar consecuencias catastróficas, gastos de materiales y poner en riesgo a lo más valioso que es nuestro capital humano.

El presente informe de experiencia profesional no es ningún libro de enseñanza, ni tampoco pretende divulgar nuevos descubrimientos, pero si tal vez, el de ser un punto de inicio a quién lo consulte y desee incursionar en el rubro de los END.

Es imprescindible dejar en claro que además de la mejor formación teórica, se requiere el buen criterio y una sólida formación experimental lograda en el campo laboral.

1.2 Ensayos no destructivos (END)

Lo más representativo de mi actividad profesional se enmarca en el END por Radiografía Industrial (RT), ensayo que consiste en aprovechar el traspaso de la radiación electromagnética ionizante (rayos γ generada por el radioisótopo Ir¹⁹² proveniente del elemento químico Iridio: Ir). Esta energía es absorbida por las discontinuidades internas presentes en la soldadura, quedando la impresión sobre la película radiográfica que al ser revelada, muestra variación de densidades, siendo las más oscura la parte de menor espesor.

En los END encontramos tres niveles básicos de calificación debidamente capacitados, calificados y certificados.

1.2.1 Requisitos de los END por niveles

Se tiene como referencia la norma: (ASNT Testing, 2016, págs. 4-5)

1.2.1.1 Requisitos END del Nivel I

- Debe tener conocimientos técnicos y habilidades suficientes para estar calificado y poder realizar calibraciones específicas en END, de acuerdo a instrucciones escritas y aprobadas por el nivel II o III.
- Tener conocimiento de las diferentes técnicas y procedimientos a requerirse según ensayo a desarrollarse.

1.2.1.2 Requisitos END del Nivel II

- Debe tener conocimientos técnicos y habilidades suficientes para estar calificado para configurar y calibrar equipos e interpretar y evaluar resultados con respecto a los códigos, normas y especificaciones aplicables.
- Debe estar completamente familiarizado con el alcance y las limitaciones de los métodos calificados y debe ejercer la responsabilidad asignada para la capacitación en el trabajo y la orientación de los aprendices y el personal nivel I.
- Debe poder organizar e informar los resultados de las pruebas END.

El empleador establece prácticas escritas para la calificación inicial del personal que se desempeñará en END Nivel I y Nivel II, cuyas certificaciones se deben aplicar a las personas que cumplan con la capacitación y experiencia requerida. Las certificaciones limitadas emitidas en cualquier método deben ser aprobadas por el Nivel III y documentadas en los registros de certificación.

1.2.1.3 Requisitos END del Nivel III

Tener grado de bachillero título profesional en ingeniería o ciencias.

- Debe tener conocimientos técnicos y habilidades suficientes para poder desarrollar, calificar y aprobar procedimientos, establecer y aprobar técnicas, interpretar códigos, normas, especificaciones y procedimientos; y designar los métodos, técnicas y procedimientos de END particulares que se utilizarán.
- Debe ser responsable de las operaciones END para las que califica y asigna, y debe ser capaz de interpretar y evaluar los resultados en términos de códigos, normas y especificaciones existentes.
- Debe tener suficiente experiencia y práctica en materiales, fabricación y tecnología de producto aplicables para establecer técnicas y ayudar a establecer criterios de aceptación cuando no haya otra disponible.
- Debe tener una familiaridad general con otros métodos apropiados de END, como lo demuestra un examen ASNT nivel III básico u otros medios.
- Debe tener conocimientos técnicos y habilidades suficientes para poder capacitar y examinar al personal de los niveles I, II y III de END para la certificación de dichos métodos. (ASNT Testing, 2016, págs. 2-3)

Los intervalos máximos recomendados de recertificación son de 5 años para todos los niveles de certificación. Las certificaciones expiran el último día del mes de vencimiento.

Tabla 1. Niveles de calificación dentro de los END [Fuente: Elaboración propia]

TIPO DE ENSAYO	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Oficial de Protección Radiológica (OPR)
Inspección visual	✓	✓	✓	
Tintes penetrantes	✓	✓	✓	
Partículas magnéticas	✓	✓	✓	
Radiografía Industrial	✓	✓	✓	✓
Ultrasonido Industrial	✓	✓	✓	

1.2.2 Responsabilidad funcional en END según nivel I, II y III

El personal de END debe tener la educación, formación y experiencia mínima, que asegure la comprensión de principios y procedimientos de ensayo, correspondientes al método y sector industrial para el que aspira desempeñar, teniendo como base las responsabilidades propias del END.

Tabla 2. Responsabilidad funcional por niveles END [Fuente: elaboración propia]

Ejecución de Funciones	Nivel Funcional END		
	N I	N II	N III
Manejo de Equipo.	✓	✓	✓
Preparación de Materiales (según técnica).	✓	✓	✓
Calibración de Equipo.	✓	✓	✓
Ejecuta el ensayo (según procedimiento)	✓	✓	✓
Interpretación y Evaluación de resultados.		✓	✓
Elabora y formula Informe de aceptabilidad o rechazo.		✓	✓
Elabora y/o formula los Procedimientos de campo según ensayo y técnica requerida.		✓	✓
Responsable de los trabajos realizados en campo		✓	✓
Certifica y acredita al personal N I – N II			✓
Audita, supervisa, fiscaliza, trabajo o personal de END.			✓

1.3 Resumen de mi actividad preprofesional

En el afán de querer plasmar las lecciones aprendidas, enseñanzas, criterios, pruebas a nivel laboratorio aprendidas en mi Alma Mater y carente aún del grado de bachiller y ansioso de implementar los consejos oportunos recibidos de mis docentes, incursioné en el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) Ayacucho en el año 1999.

El Proyecto Gas de Camisea dentro Odel rubro Responsabilidad Social Empresarial en coordinación con la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, a finales del 2001, brindaron los cursos de Seguridad Radiológica y Radiografía Industrial a cargo del Ing° Regulo Visurraga, funcionario del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) al cual asistimos inicialmente más de un centenar y siendo algo más de una decena los que concluimos satisfactoriamente los cursos, y de los cuales 5 permanecemos a la fecha laborando en dicha especialidad. Ello me permitió tomar la decisión de incursionar en el rubro Metal Mecánico de la construcción, ampliación,

modernización industrial en los sectores de la construcción, hidrocarburos, minería, etc.

A partir del 2003 presto servicio como Nivel I de Radiografía Industrial (RT), Tintes Penetrantes (PT) e Inspección Visual (VT) en empresas y proyectos como:

- Ingecontrol SAC, Camisea I TgP.
- Ingecontrol SAC. Sulfuros primarios Mina Cerro Verde – Arequipa,
- HMF Ingeniería SAC: Ampliación Lote 56 Malvinas-Cuzco.
- Techint SAC Camisea II Perú LNG

Durante los años 2004, 2006 y 2011 concluí mi capacitación y acreditación correspondiente como Nivel II END y Oficial de Protección Radiológica para la Radiografía Industrial en el IPEN – Lima, Perú; desempeñándome a partir del 2009 como tal.

Luego de optar el grado académico de bachiller en Ingeniería Química (2012) continué con mi desempeño como nivel II de END en:

- Ingecontrol SAC: Ampliación Minera Antamina-Ancash.
- Ingecontrol SAC Proyecto Tendido de Red de Gas Contugas Humay Marcona – Ica.
- Servipetrol SA: Construcción Línea Amarilla y Centro de Convenciones Lima.
- Inspection Technologies SAC Servicios en Arequipa, Chincha y Lima.

A partir del 2016, asumí responsabilidades en inspección, coordinación y supervisión en END en las empresas y proyectos siguientes:

- Ingecontrol SAC: Fabricación de Spools Refinería Talara Lurín – Lima.
- Interinspect SAC: Proyecto de Mantenimiento Oleoducto Ramal Nor Peruano Piura-Lambayeque-Cajamarca-Amazonas-Loreto.
- Inspection Technologies SAC (NDT): Parada de Mantenimiento en la Refinería Talara – Piura.

A continuación, detallo mi desempeño en tres empresas como: INGECONTROL SAC, NDT INSPECTION TECHNOLOGIES e INTERNATIONAL INSPECTING AGENCY SAC; motivado por la envergadura del proyecto en el que participé como Nivel II de END.

1.3.1 INGECONTROL SAC

Sede: Calle las Camelias 511 Oficina 702 San Isidro Lima.

ingecontrol@ingecontrol-ndt.com

Empresa fundada en Lima – Perú en Julio de 1976; asesora, representa y presta servicios en el campo de los END mediante técnicas modernas de medición, dirigidas especialmente al aseguramiento y control de calidad antes, durante la entrega, puesta en servicio y mantenimiento predictivo de elementos y sistemas construidos en los sectores hidrocarburos, minería, construcción, transporte, comunicaciones y manufactura en general.

Está integrada por profesionales y técnicos altamente calificados con amplia trayectoria en el campo de los END; dando así, un valor agregado a los productos de los clientes, generando oportunidades de trabajo, cuidando del medio ambiente y desarrollando una gestión que crea beneficios.

Las principales obras ejecutadas por **INGECONTROL SAC fueron:**

- Proyecto PPS-1836 Prefabricación de Tuberías Refinería Talara. Lurín - Lima
- Proyecto 1760 Red de Gas Contugas Ø20” distribución de gas natural, Ica.
- Proyecto Ampliación Antamina, Ancash – Perú.
- Proyecto Fosfato Bayobar, Piura – Perú.
- Proyecto Estación de Bombeo Chiquintirca, Ayacucho - Perú.
- Proyecto EPC 11 Block 56 Malvinas, Cuzco – Perú.
- Proyecto 160K Cajamarquilla, Lima – Perú.
- Proyecto Mina San Cristóbal Uyuni, Bolivia.
- Proyecto Sulfuros Primarios Mina Cerro Verde, Arequipa – Perú.
- Proyecto Gasoducto Camisea I TgP, Perú.
- Proyecto Oleoducto Ramal Norte, Perú.

1.3.1.1 Periodo laboral, cargos desempeñados y responsabilidades asumidas

Desde el 2003 al 2009, y de manera continuada del 2011 al 2014 me desempeñé y asumí las siguientes responsabilidades.

1. Inspector END Nivel I

- Encargado de la operatividad y/o manejo de los equipos accesorios de END.
- Encargado de la ejecución de los ensayos según procedimiento y técnica descrita en los procedimientos.
- Verificación, control de materiales, consumibles a usarse en los ensayos.
- Calibración, mantenimiento de equipos – accesorios según ensayo.
- Encargado del laboratorio para el procesamiento de películas radiográficas.

2. Inspector END Nivel II. Como Inspector END nivel II fue responsabilidad mía:

- La aplicación y/o elaboración de procedimientos END.
- La operatividad y mantenimiento de equipos.
- La configuración y calibración de equipos.
- La interpretación y evaluación de resultados.
- Informar los resultados de las pruebas efectuadas.

3. Oficial de Protección Radiológica (RT). Como Oficial de protección radiológica mi responsabilidad recayó en:

- La seguridad radiológica mediante charlas, simulacros sobre situaciones de accidentes o incidentes.
- La operatividad y mantenimiento de equipos, accesorios, dispositivos de seguridad radiológica.
- El registro del récord dosimétrico del personal expuesto operacionalmente.

1.3.2 NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC

Sede: Calle Colón 444 Chinchá Alta – Chichá. Ica. info@nit.com.pe.

Dedicada a prestar servicio de Inspección por Ensayos No Destructivos

1.3.2.1 Periodo Laboral, cargos desempeñados y responsabilidades asumidas

De abril a diciembre 2015 asumí los siguientes cargos y responsabilidades.

1. Inspector END Nivel II. Como Inspector END Nivel II fui responsable de:

- La aplicación y/o elaboración de procedimientos END.
- La operatividad y mantenimiento de equipos.
- La configuración y calibración de equipos.
- La interpretación y evaluación de resultados.
- Informar los resultados de las pruebas END.

2. Oficial de Protección Radiológica. Como Oficial de Protección radiológica fui responsable de:

- La seguridad radiológica mediante charlas, simulacros sobre situaciones de accidentes o incidentes.
- La operatividad y mantenimiento de equipos, accesorios, dispositivos de seguridad radiológica.
- Del registro del récord dosimétrico del personal expuesto operacionalmente.

3. Responsable de Operaciones Lima. Como responsable asumí la:

- Coordinación de trabajos de campo.
- Coordinación de la logística para trabajo de campo.
- Gestión de Renovación de Licencia de Operación.
- Gestión para la homologación empresarial.
- Gestión de respuesta ante la Auditoria de la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN) – IPEN.

1.3.3 INTERNATIONAL INSPECTING AGENCY SAC

Sede: Calle Manuel de Amat y Juniet 510 Oficina 401 Santiago de Surco Lima.

Dedicada a prestar servicio de Inspección por Ensayos No Destructivos.

1.3.3.1 Periodo laboral, cargo desempeñado y responsabilidad asumida

En el período de febrero 2017 a enero 2018 he desempeñado y asumido las siguientes responsabilidades, como:

1. Inspector de END Nivel II.

- Responsable de la inspección, evaluación y aplicación de Ensayos No Destructivos a las soldaduras por: Cambio de tramo, instalación de camisas de refuerzo, sanidad de camisas existentes, reparación de soldadura, y reparaciones que requieran los ductos operados y mantenidos por Petroperú.
- Responsable de informar los resultados de las pruebas ensayadas a los ductos del Oleoducto y Ramal Nor Peruano.

1.4 Responsabilidad del Ingeniero Químico en proyectos de instalación de gas natural o gas licuado de petróleo

El profesional, Ingeniero Químico está limitado para desenvolverse como responsable en un proyecto de instalaciones de gas natural o gas licuado de petróleo, en mérito a lo dispuesto mediante Resolución Ministerial N° 341-2018-Vivienda del 7 de octubre de 2018 en su art. 11° *“Para el proyecto de instalaciones de gas natural o gas licuado de petróleo, el profesional responsable puede ser un ingeniero mecánico, ingeniero industrial, ingeniero civil, ingeniero mecánico-eléctrico, ingeniero mecánico de fluidos, ingeniero petrolero o ingeniero petroquímico, que además, cumple con la normativa vigente de la autoridad competente en gas natural o en gas licuado de petróleo, según sea el caso.*

En caso se requieran proyectos especializados como seguridad integral, redes de información y otros, se requerirá la participación del personal especialista”. (Peruano, 2018, pág. 17).

Mi apreciación de la presente resolución, va en mi desacuerdo por la omisión recaída en desconocimiento, puesto que como Ingeniero Químico somos conocedores de las etapas de proceso en transformación, producción entre otras.

1.5 Resumen de la experiencia laboral

El resumen de mi experiencia y desempeño laboral lo presento en forma resumida en la Figura 1.

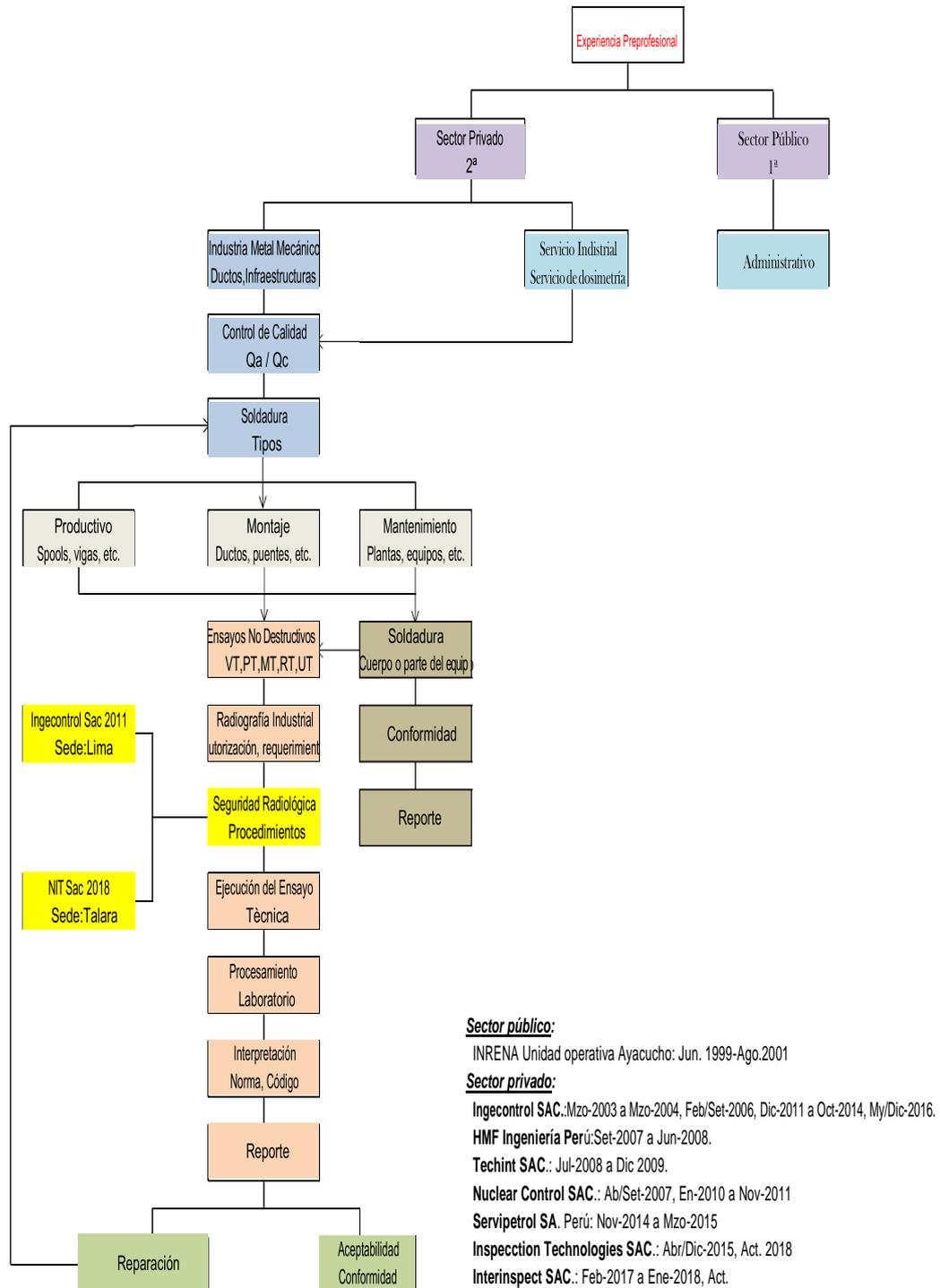


Figura 1. Resumen de experiencia y desempeño laboral

CAPITULO II RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

2.1 Radiactividad

El físico alemán Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923) observó que cuando los rayos catódicos incidían sobre el vidrio y los metales, hacían que éstos emitieran unos rayos desconocidos. Estos rayos muy energéticos eran capaces de atravesar la materia, oscurecían las placas fotográficas, incluso cubiertas, y producían fluorescencia en algunas sustancias. Debido a que estos rayos no eran desviados de su trayectoria por un imán, no podían contener partículas con carga, como los rayos catódicos. Röntgen les dio el nombre de rayos X, por su naturaleza desconocida. (Chang & Goldsby, K. A., 2013, pág. 43)

Poco después del descubrimiento de Röntgen, Antoine Becquerel, profesor de física en París, empezó a estudiar las propiedades fluorescentes de las sustancias. Accidentalmente encontró que algunos compuestos de uranio oscurecían las placas fotográficas cubiertas, incluso en ausencia de rayos catódicos. Al igual que los rayos X, los rayos provenientes de los compuestos de uranio resultaban altamente energéticos y no los desviaba un imán, pero diferían de los rayos X en que se emitían de manera espontánea. Marie Curie, discípula de Becquerel, sugirió el nombre de radiactividad para describir esta emisión espontánea de partículas o radiación. Desde entonces se dice que un elemento es radiactivo si emite radiación de manera espontánea. (Chang & Goldsby, K. A., 2013, pág. 43)

La desintegración o descomposición de las sustancias radiactivas, como el uranio, produce tres tipos de rayos diferentes. Dos de estos rayos son desviados de su trayectoria por placas metálicas con cargas opuestas (Figura 2).

Los rayos alfa (α) constan de partículas cargadas positivamente, llamadas partículas (α), que se apartan de la placa con carga positiva. Los rayos beta (β), o partículas (β), son electrones y se alejan de la placa con carga negativa. Un tercer tipo de radiación consta de rayos de alta energía, llamados rayos gamma (γ). Al igual que los rayos X, los rayos γ no presentan carga y no les afecta un campo externo. (Chang & Goldsby, K. A., 2013, pág. 44)

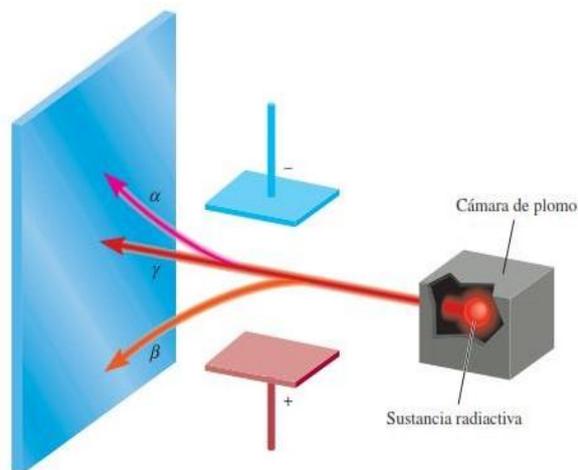


Figura 2. Tres tipos de rayos emitidos por elementos radiactivos.

Los rayos (β) consisten en partículas con carga negativa (electrones) y, por ende, son atraídos hacia la placa con carga positiva. Por lo contrario, los rayos alfa (α) tienen carga positiva y son atraídos hacia la placa con carga negativa. Debido a que los rayos gamma (γ) no tienen carga alguna, su trayectoria no se ve alterada por un campo eléctrico externo. (Chang & Goldsby, K. A., 2013, pág. 44)

La radioactividad es un fenómeno físico-químico y propiedad de los isótopos inestables de algunos elementos químicos (que por mantener su estado fundamental deben perder energía) en el que sus núcleos emiten radiación, mediante su desintegración espontánea que van acompañados de partículas radioactivas y de radiación electromagnética; cuya propiedad es la de impresionar placas radiográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, atravesar cuerpos opacos a la luz ordinaria, entre otros. En cuya desintegración encontramos tipos de radiación como los rayos Alfa (α), Beta (β), Gamma (γ), Neutrones libres; pudiendo ser:

Radiación Natural, isótopos que se encuentran en la naturaleza como: sales de Uranio (U): U^{235} / U^{238} ; Torio (Th): Th^{234} / Th^{232} , Polonio (Po): Po^{210} , Radio (Ra): Ra^{226} / Ra^{228} , y otros.

Radiación Inducida, producción artificial por transformación (bombardeo) como: Selenio Se^{75} , Rutenio Ru^{106} , Cesio Ce^{134} , Iridio I^{129} , Ir^{192} , y otros.

La radiación es un fenómeno de propagación de la energía en forma de partículas subatómicas u ondas electromagnéticas a través del espacio vacío o cuerpo de material alguno, con la virtud de provocar la ionización en dicho cuerpo.

Partícula alfa (α) Emisión de un núcleo de Helio con carga positiva (dos protones y dos neutrones), gran tamaño y escasa velocidad, Alto poder ionizante, no es dañina para la salud.

Partícula beta (β) Emisión de un electrón en la descomposición de un neutrón (p^+ , e^-), menor tamaño, gran velocidad y poder ionizante parcial, nociva en altas cantidades.

Partícula gamma (γ) Emisión electromagnética de alta energía y frecuencia, no posee masa, alta capacidad de penetración, bajísimo poder ionizante, muy dañina para la salud.

2.2 Radiación ionizante

Es aquella radiación producida mediante ciertos aparatos o métodos desarrollados por el ser humano, con energía suficiente para ionizar la materia. En la industria se emplean dos tipos de radiación para la inspección radiográfica: (1) Rayos X y (2) Rayos gamma (γ). La principal diferencia entre ellos es su origen.

2.2.1 Rayos gamma

Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia, por lo tanto tienen alta energía y son muy penetrantes: solo se detienen ante gruesos bloques de plomo y cemento. Por eso son nocivos para la salud, ya que

atraviesan cualquier tejido vivo, dañando todas las células que encuentran a su paso.

La radiación gamma casi nunca se produce sola, sino que suele acompañar a la emisión de partículas alfa y beta. Así, cuando el uranio (U) se desintegra para formar torio (Th) emite radiación gamma.

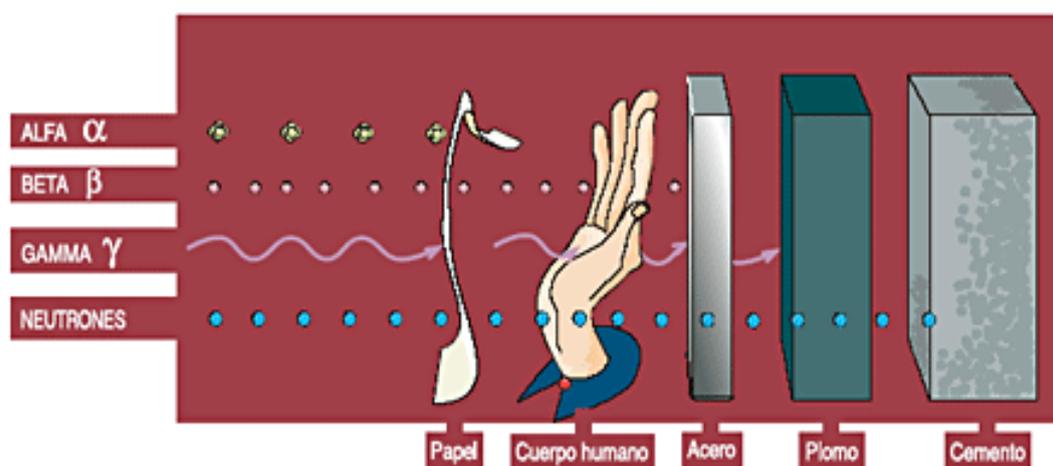


Figura 3. Poder de penetración de diferentes rayos ionizantes
Fuente: (FORO, 2017, pág. 70)

2.3 Gammagrafía industrial

La gammagrafía es una variante de la radiografía en la que se utiliza una fuente de partículas gamma, γ , que emiten ciertos radionúclidos en su desintegración.

La gammagrafía industrial es una técnica de Ensayos No Destructivos (END) que se emplea para estudiar la integridad y calidad de soldaduras, y del material de tuberías, tanques, piezas metálicas diversas, etc. Su uso es intensivo durante la construcción de grandes piezas metálicas, en el montaje de plantas industriales, en el tendido de oleoductos, y durante el mantenimiento de estas instalaciones. También se utiliza para estudiar el estado de estructuras de hormigón armado en las construcciones. (Avila Rey, Calvino Casilda, & López Peinado, 2018)

En la Tabla se indican las energías de radiación y el período de algunos de los radioisótopos utilizados como fuentes en gammagrafía industrial.

Tabla 3. Características de algunos de los radioisótopos utilizados como fuentes de gammagrafía industrial. Fuente: (Avila Rey, Calvino Casilda, & López Peinado, 2018)

Radioisótopo	Período	Tipo de desintegración	Energía Fotonos y (MeV)
Co-60	5,27 a	$\beta^-; \gamma$	1,173-1,333
Se-75	119,8 d	CE; γ	0,066-0,401
Cs-137	30,1 a	β^- ; CE; γ	0,662
Yb-169	32 d	CE; γ	0,063-0,308
Tm-170	128 d	β^- ; CE; γ	0,052-0,084
Ir-192	73,82 d	β^- ; CE; γ	0,209-0-612

2.4 Iridio¹⁹²

El isótopo radioactivo del Iridio, cuya vida media es de 73.83 días, es el mayor emisor de rayos gamma, es el radioisótopo más utilizado en la radiografía industrial para localizar y/o identificar fallas en los elementos metálicos a ensayar. Su uso cotidiano se debe a dos factores:

- Es el único radioisótopo para uso industrial más vendido.
- Es muy versátil, puesto que trabaja en un rango de espesor de 6,00 a 70,00 mm

2.5 Ventajas y desventajas de la radiografía industrial

Las ventajas de la radiografía industrial son:

- Registro permanente de la imagen en la película.
- Mayor sensibilidad en la detección de discontinuidades volumétricas.
- Fácil comprensión de los resultados con imagen radiográfica.
- Posibilidad de aplicación en varios tipos de materiales.
- Posibilidad de inspeccionar sobre revestimiento y/o pintura, que no tengan pigmentos metálicos.

Las desventajas de la radiografía industrial son:

Necesidad de aislamiento del área.

- Necesidad de laboratorio para procesamiento de la película.
- Limitación para la detección de discontinuidades planas.

2.6 Aplicaciones de la radiografía industrial

- Espesores variados.
- Diámetros diversos.
- Piezas fundidas y forjadas.
- Soldaduras de la parte superior de: tanques, torres, hornos, vasos de presión, calderas y tuberías.
- Materiales ferrosos, no ferrosos, plásticos y otros.
- Indicado para todos los tipos de materiales, apenas con restricciones a pequeños espesores en materiales de baja densidad.

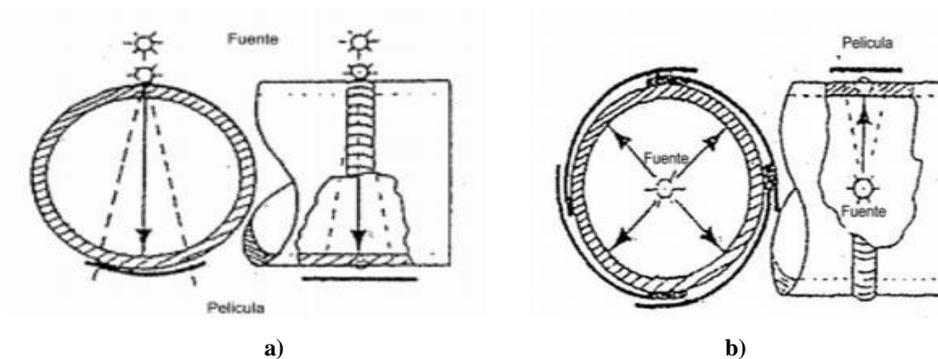


Figura 4. Técnica de exposición radiográfica (a) Exposición pared doble vista simple. (b) Exposición pared simple vista simple
Fuente: (Ortiz M. & López-Cerón Lara, 2018, pág. 8)

- (a) **Pared doble**, depende únicamente del diámetro exterior de la tubería, pudiendo interpretarse como una o doble pared.
- (b) **Pared simple**, consiste en que la radiación penetra solo una cara de la tubería en el sector donde se encuentra la soldadura.

2.7 Intensidad de la radiación (Actividad)

La velocidad de desintegración de una fuente que viene dada por el número de átomos que se desintegran en un tiempo determinado. Se mide en

becquerelios (Bq) que es la cantidad de cualquier sustancia y/o elemento radiactivo en la que el número de desintegraciones es 1 por segundo (1 Bq = 1 desintegración/s). La vieja unidad de intensidad (Curio, Ci) es todavía ampliamente usada.

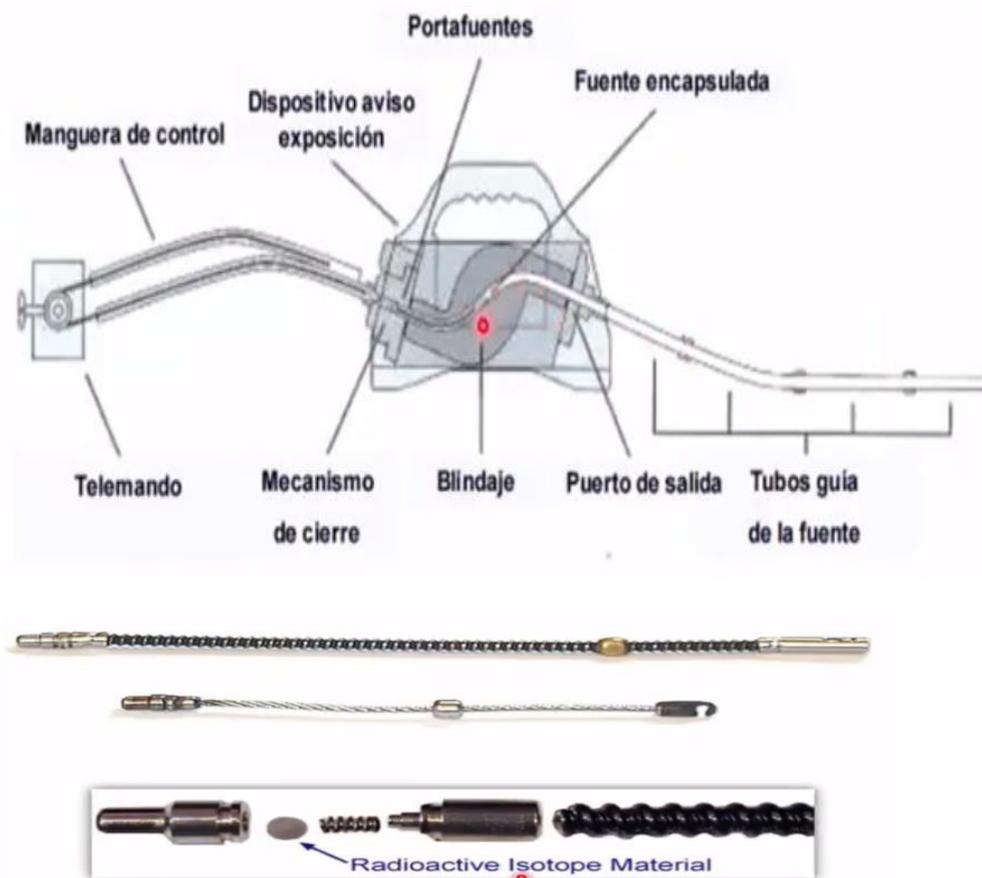


Figura 5. Equipo de gammagrafía industrial
Fuente: (Andreucci, 2016)

Tabla 4. Propiedades físico químicas de fuentes radioactivas
Fuente: (Andreucci, 2016)

Radioisótopo	Factor Gamma Γ (mSv/h*GBq) a 1 m	Energía de Radiación MeV	Vida media
Co⁶⁰	0,351	1,17 a 1,33	5,24 años
Ir¹⁹²	0,13	0,137 a 0,65	74,4 días
Tu¹⁷⁰	0,0007	0,084 a 0,54	127 días
Cs¹³⁷	0,081	0,66	33 años

**Tabla 5. Valores semi reductores de algunos materiales:
Half Value Layer y Tenht Value Layer
Fuente: (Andreucci, 2016)**

Fuente de Radiación	Aluminio (Al), cm		Concreto, cm		Acero, cm	
	HVL	TVL	HVL	TVL	HVL	TVL
Ir¹⁹²	3,66	12,16	4,30	14,00	1,30	4,30
Co⁶⁰	5,36	17,80	6,30	20,30	2,00	6,70
Ce¹³⁷	4,17	13,85	4,90	16,30	1,60	5,40

2.8 Detectores de radiación

La radiación ionizante, por su naturaleza requieren para su detección el empleo de dispositivos adecuados, los mismos que ponen en evidencia la presencia de un campo de radiaciones, mediante la generación de algún tipo de señal que resulte inteligible para el operador y/u observador, brindándole información cualitativa o cuantitativa acerca de la radiación de interés.

**Tabla 6. Tipos de detectores de radiación
Fuente: (Pérez, 2016, págs. 48-49)**

De Lectura Directa		De Lectura Diferida	
Tipo de Detector		Tipo de Detector	
Por Ionización	Por Excitación	Por Ionización	Por Excitación
Gaseoso y semiconductor: Aire, gas (Inerte + Orgánico)	De centelleo: NaI (Tl), CsI (Tl)	Película fotográfica	Termoluminiscentes CaF ₂ , LiF

Estos detectores se emplean fundamentalmente como monitores individuales o personales de irradiación externa, debiendo:

- Ser sensible al campo de radiación a medir.
- Ser sensible e independiente de la energía de radiación.
- Mantener el rango de medición adecuado a los niveles de dosis involucradas.
- Ser pequeñas, livianas y económicas.

Tabla 7. Magnitudes y unidades más utilizadas para medir la radiación y los compuestos radiactivos.

Fuente: (Pérez, 2016, págs. 50-51)

Magnitud	Proceso físico medido	Unidad (SI)
Actividad	Desintegración nuclear	Becquerel (Bq)
Dosis Absorbida	Energía depositada	Gray (Gy)
Dosis Equivalente	Efecto biológico	Sievert (Sv)
Dosis Efectiva	Riesgo a la salud	Sievert (Sv)

2.9 Dosímetro

El dosímetro es un dispositivo que nos permite medir la dosis de radiación ionizante al que se está expuesto en un tiempo determinado, los hay de diferentes tipos (anillo, muñeca u otros). Por tanto, este dispositivo nos permitirá dar a conocer y cuantificar la DOSIS recibida y las posibles consecuencias a la salud al ser expuesto durante la exposición recibida. Los principales tipos de dosímetros son:

- Dosímetro de película.
- Dosímetro termoluminiscentes (TLDs)
- Dosímetro de luminiscencia estimulada ópticamente (OSL)
- Dosímetros electrónicos personales. (Cerón R., 2012)

Tabla 8. Magnitudes relacionadas con la dosis de radiación ionizante.

Fuente: (Oficina Técnica de la Autoridad Nacional, 2009)

Dosis absorbida $D = dE / dm$	Energía depositada por unidad de masa	Gray (Gy) (J/Kg)
Dosis equivalente $H = D * W_R$	Dosis absorbida multiplicada por un factor de ponderación que tiene en cuenta el tipo radiación ionizante que produce la exposición	Sievert (Sv), (J/Kg)
Dosis efectiva $E = \sum_T W_T * H_T$	Sumatoria de dosis equivalente (cada órgano /tejido) multiplicado por un factor de ponderación que tiene en cuenta la diferente sensibilidad de órganos y tejidos a la radiación ionizante.	Sievert (Sv), (J/Kg)

2.10 Efectos de la radiación

Son la consecuencia de exponerse a la radiación, ya sean efectos que se producen a largo plazo o los que suceden casi inmediatamente. Es el daño o efecto que produce en los átomos de las células vivas, dañando su material genético (ADN); encontramos dos tipos: (José L., 2007)

1. **Efectos deterministas (Tisulares).** Tienen umbral, a mayor dosis mayor gravedad.
2. **Efectos estocásticos.** Gravedad independiente de la dosis, pero más probables cuanto mayor es la dosis.

2.11 Protección radiológica (Radioprotección)

Según la Comisión Internacional de protección radiológica (ICRP) el objetivo principal es evitar la aparición de efectos biológicos deterministas y limitar al máximo la probabilidad de aparición del efecto estocástico, la que se logra basado en tres principios:

2.11.1 Justificación

La exposición a las radiaciones debe efectuarse sólo cuando sea estrictamente necesaria y suponga un beneficio para la sociedad.

2.11.2 Optimización

El criterio ALARA (Siglas inglesas de la expresión: «Tan bajo como sea razonablemente posible), en la que, todas las exposiciones a la radiación deben ser mantenidas a niveles tan bajos como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores sociales y económicos. Las dosis deben reducirse lo razonablemente posible.

2.11.3 Límite de dosis

La dosis equivalente recibida por los individuos no debe superar los límites establecidos para cada circunstancia.

2.12 Medidas básicas de protección radiológica

Las medidas básicas de protección se refieren a la distancia, el blindaje y el tiempo de exposición.

2.12.1 Distancia

Maximizar la distancia entre el operador y la fuente, su intensidad disminuye con la Ley inversa del cuadrado de la distancia.

2.12.2 Blindaje

Interponer entre el personal y la fuente pantallas o cuerpos que protejan de la radiación: Muros de concreto, láminas de plomo, acero, etc.

2.12.3 Tiempo

Disminuir la duración de la exposición a las radiaciones.

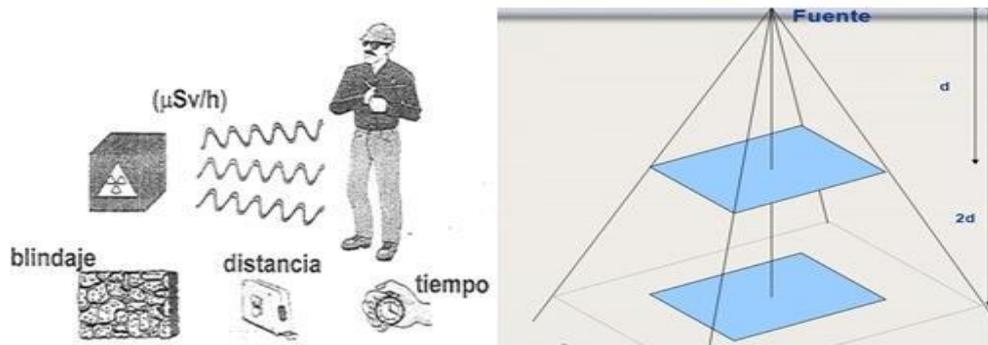


Figura 6. Medios de protección contra la radiación y la Ley de la Inversa del Cuadrado
Fuente: (Radioprotección)

2.13 Límite de dosis ocupacional

1. Las dosis de los trabajadores expuestos ocupacionalmente deben limitarse de modo que no excedan:
 - 20 mSv de dosis efectiva en un año, como promedio, en un período de 5 años consecutivos.
 - 50 mSv de dosis efectiva en un año, siempre que no sobrepase 100 mSv en 5 años consecutivos.
2. La exposición al público como consecuencia de las prácticas no debe exceder:
 - Una dosis efectiva de 1 mSv por año.

- Para aprendices de 16 a 18 años en situación de capacitación para trabajar con radiaciones, y de estudiantes de 16 a 18 años que utilicen radiaciones en el curso de su formación, el límite de dosis es una dosis efectiva de 6 mSv en un año. (Aguilar, 2018)

2.14 Radiografía industrial o testing radiography (RT)

La radiología industrial se basa en el uso de la propiedad de las radiaciones ionizantes, que atraviesan los materiales opacos a la luz, dando como resultado la obtención de una imagen del objeto ensayado sobre una película radiográfica. Es un método de END en el que se pueden examinar tipos de componentes fabricados, con el fin de verificar la estructura interna e integridad de dicho elemento, la que puede realizarse por rayos X o Gamma.

Las diferentes técnicas radiográficas se destacan por la frecuencia de su aplicación, sea con fuente emisora de rayos X y/o de gammagrafía que para el caso de la gammagrafía utiliza como emisor de radiación ionizante diferentes isótopos radiactivos como el Ir¹⁹², Se⁷⁵, Co⁶⁰, etc. Pudiendo ser aplicado a casi todos los materiales, proporcionando un registro permanente, del estado interno del objeto examinado.

Tabla 9. Característica de radionúclidos de uso más frecuente en radiografía industrial. (AIEA, 2015)

Radionucleido	Energía	Potencia de salida de la fuente a 1 m (mSv·h ⁻¹ por 37 GBq)	Período de semidesintegración	Espesor del acero para el que suele utilizarse (mm)
Co-60	1,17 y 1,33 MeV	13,0	5,3 a	50–120
Ir-192	206–612 keV	4,8	74 d	12–70
Se-75	97–401 keV	2,03	120 d	8–30
Yb-169	63–308 keV	1,25	32 d	4–20
Tm-170	51–84 keV	0,25	128 d	2,5–12,5

2.15 Secuencia operacional del ensayo por RT

Generalmente el trabajo a realizarse es “*in situ*”, siendo a la vez potencialmente peligroso debido al desplazamiento del equipo al lugar requerido pudiendo ser un tendido de ducto a cielo abierto (gasoductos, oleoductos, etc), o en un edificio en construcción; esto debido a que los objetos que se han de radiografiar están permanentemente fijados en el lugar o son demasiado grandes o pesados para ser trasladados. Por lo que será necesario seguir una secuencia operativa a detallar:

1. Solicitud y Autorización del requerimiento por parte del cliente (elementos o piezas listos para el ensayo).
2. Activación de planes de emergencia y/o contingencia, en todo momento hasta el regreso a las instalaciones.
3. Desplazamiento, según sea el caso (del Bunker al área o zona de trabajo).
4. Coordinación e inspección del área de trabajo (hora, lugar, condición: altura, espacio confinado)
5. Autorización y permisos de trabajo debidamente establecidos y coordinado.
6. Preparación y planificación del trabajo de radiografía (identificación de juntas, técnica a usar: espesor, diámetro).
7. Delimitación, señalización de áreas (uso de letreros, cintas, etc.).
8. Instalación del equipo y accesorios, inicio del ensayo (tiempo de exposición establecido, según especificación del material: espesor, diámetro, técnica).
9. Fin del ensayo.
10. Inspección final del área de trabajo.
11. Liberación del área utilizada.
12. Regreso al bunker de seguridad.
13. Fin del plan de emergencia y/o contingencia establecido.

2.16 Tiempo, dosis y distancia de exposición

En los cursos de Capacitación Radiografía Industrial nivel II y Seguridad en protección Radiológica desarrollados del 24 al 31 de mayo y del 3 al 9 de junio del 2004 y en el Curso para Oficiales de Protección Radiológica en Radiografía Industrial desarrollado del 18 al 23 de julio de 2011 por el Centro

Superior de Estudios Nucleares del Instituto Peruano de Energía Nuclear en la ciudad de Lima (cuyas certificaciones obran en el Anexo 8) recibimos la parte de teórica y aplicativa para calcular el tiempo, dosis y distancia de exposición que se detalla a continuación.

2.16.1 Tiempo de exposición

El tiempo de exposición (T) es la demora de la radiación gamma para atravesar las paredes del elemento a ensayar. Se determina empleando:

$$T = \frac{FP \cdot D^2}{A \cdot \Gamma \cdot e^{-\left(\frac{\ln 2 \cdot X}{h}\right)}} \quad (i)$$

Donde: T = Tiempo de exposición.

FP = Factor película

D = Diámetro en in.

A = Actividad de la fuente, en Ci.

X = Espesor del elemento, en in.

Γ = Factor gamma, igual a 13,5 mSv*m² / (h*GBq) ó (R.m²)/(h.Ci)

h = Constante hemirreductora del acero en mm.

Ver Anexo 5 cálculos en según programa.

2.16.2 Dosis de exposición

La dosis de exposición (H°) es la cantidad de radiación absorbida por la materia viva). Se mide en Sievert. Un Sievert (Sv) es equivalente a 1 J / kg. Se calcula a partir de:

$$H^{\circ} = \Gamma \frac{A}{d^2} \quad (ii)$$

Donde: H° – dosis de exposición, se mide en Sv

Γ – factor gamma, igual a 13,5 mSv*m² / (h*GBq)

A – actividad de la fuente, en Ci. 1Ci = 3.7 x 10¹⁰ Bq

d – distancia (m) de alejamiento de la fuente de radiación y el ser vivo.

2.16.3 Distancia de exposición

La distancia de exposición (d) es la separación entre la fuente de emisión y el ser vivo. Se calcula a partir de:

$$H_2 * d_2^2 = H_1 * d_1^2 \quad \text{ó} \quad d_2 = d_1 * \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \quad (\text{iii})$$

Donde:

d_2 – distancia final del radionúclido (m)

d_1 – distancia inicial del radionúclido (m)

H_2 – dosis final del radionúclido en mSv/h

H_1 – dosis final del radionúclido en mSv/h

2.16.4 Espesor de blindaje

El espesor de blindaje (X) es el ancho mínimo que medirá el cerco perimétrico del bunker que protege de la radiación emitida por la fuente sin aún ser usada. Se calcula mediante:

$$X = \frac{\ln \frac{H_1}{H_2}}{\ln 2} * \text{HVL} \quad (\text{iv})$$

Problema de aplicación 1. Se tiene un equipo Sentinel 880 que emite radiación gamma proveniente del radioisótopo Ir^{192} cuya actividad energética es de 22 Ci, se desea ensayar un ducto de 12” de espesor 0.5 in ¿ Cuál será el tiempo de exposición si se usa la técnica pared simple, con una película radiográfica D7 cuyo factor de película es 1,2?

Datos e incógnitas:

$T = ?$	$\text{FP} = 1,2$
$\Gamma = 13,5 \text{ (mSv*m}^2\text{)/(h*GBq)}$.	$X = 11.13 \text{ mm de espesor}$
$A = 22 \text{ Ci}$	$D = 12 \text{ in}$

Solución:

El tiempo de exposición se halla reemplazando datos en (i) u operando los datos en el programa señalado en el Anexo 5. Resultando:

$$T = 1' 10''$$

Problema de aplicación 2. ¿Cuál será la dosis de radiación equivalente a 5,0 m de distancia de una fuente de Ir¹⁹² cuya actividad es de 400 GBq?

Solución: Reemplazando en (ii),

$$H^0 = 0.13 \frac{\text{mSv} * \text{m}^2}{\text{h} * \text{GBq}} * \frac{400 \text{ GBq}}{(5)\text{m}^2} = 2,08 \text{ mSv/h}$$

Problema de aplicación 3. El límite permisible de dosis supervisada es 0,0075 mSv/h. La tasa de dosis recibida de Ir¹⁹² a 5,0 m de distancia es 2,08 mSv/h. ¿Cuál será la distancia aconsejable para reducir la tasa de dosis a 0,0075 mSv/h?

Solución: Sustituyendo datos en (iii) para calcular la nueva distancia.

$$d_2 = 5 \text{ m} * \sqrt{\frac{2.08 \frac{\text{mSv}}{\text{h}}}{0.0075 \frac{\text{mSv}}{\text{h}}}} = 16,65 \text{ m} \cong 17 \text{ m}$$

Problema de aplicación 4. Se requiere realizar un blindaje de concreto que reduzca la tasa de dosis de 120 Röentgen/h a 5 Röentgen/h. ¿Cuál sería el espesor del muro de concreto? Sabiendo que el HVL del concreto: 4.8 cm.

Solución: Sustituyendo valores en la ecuación (iv) resulta,

$$X = \frac{\ln \frac{120 \text{ R/h}}{5 \text{ R/h}}}{\ln 2} * 4.8 \text{ m} = 22,0 \text{ m}$$

2.17 Película radiográfica

La película radiográfica es la evidencia física en la que se registra la integridad interna del material inspeccionado.

Las películas radiográficas están formadas por un soporte de poliéster azulado de 175 micras de espesor, revestido con una fina capa de emulsión fotosensible en ambos lados, de menos de 5 micras de espesor cada uno. Esta emulsión fotosensible contiene los cristales o granos de Haluros de Plata (AgX⁻), en general Bromuro y Yoduro de Plata, responsables del registro de las imágenes

radiológicas. Los granos de los haluros de plata se forman por la reacción del Nitrato de plata (AgNO_3) con sales de Bromuro y el Ioduro (X^-) en una suspensión de agua con Gelatina. Cuando están expuestos a la radiación ionizante rayos gamma, los granos de Haluro de plata se energizan formando la "imagen latente".

En el proceso de revelado, los granos de haluro de plata que recibieron la radiación ionizante y formaron la "imagen latente" son químicamente reducidos a plata metálica (Ag) de color amarillento, se transforma en Plata metálica negra. Por otro lado, los granos de haluro de plata que no recibieron radiación ionizante y que no formaron la "imagen latente", permanecen como haluro de plata en la presencia de los agentes reveladores.

En el proceso de fijación, los granos de haluro de plata se transforma en un complejo de Plata [Ag^+] soluble en medio acuoso. Este forma, los granos de haluro de Plata que no formaron "imagen latente" y por eso no se redujeron a plata metálica durante el proceso de revelado.

De esta forma, después de la exposición y los procesos de revelado y fijado, quedan sobre la película sólo la imagen radiográfica, en la forma de plata metálica "imagen negra", los granos de haluro de plata que no fueron expuestos, fueron eliminados durante el proceso de fijado, dejando vacíos en la película "imagen clara".

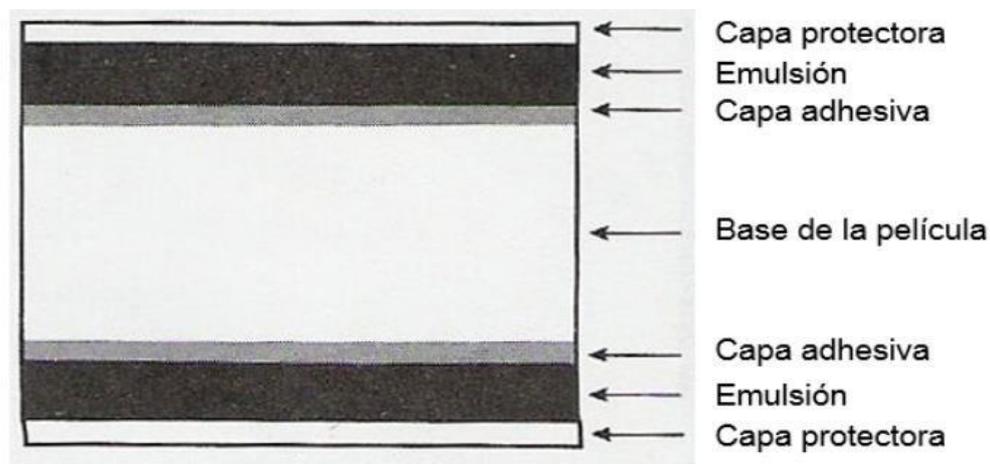
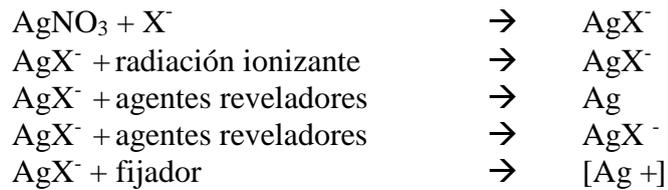


Figura 7. Componentes de la película radiográfica
Fuente: (Prieto, 2016, pág. 5)

Reacciones que se producen:



El tratamiento químico de laboratorio para revelar la película radiográfica expuesta para develar el registro impregnado con las discontinuidades o indicaciones en la soldadura, consiste en:

- Revelado 5' a 20°C:** Tratamiento por el cual se transforma la imagen latente en imagen visible.
- Fijado 2-3 veces el tiempo de revelado:** Consiste en la desensibilización o fijado, operación en la que ha de hacerse desaparecer de la emulsión sensible el halogenuro de plata que no fue activado y dejar solamente en la película la plata metálica que forma la imagen.
- Lavado y secado +5':** Al ser retirada del fijador la película (emulsión) aún se encuentra saturada de los componentes de este baño, las sales de permanecer en ella pueden llegar a descomponerse produciendo la decoloración de la imagen; razón por la cual se procede a su lavado. Para finalizar el proceso de revelado se pasa al secado de las películas pudiendo realizarlas a manera automática o por colgado de las mismas en un ambiente cerrado; ya que la gelatina es muy blanda y puede lastimarse a cualquier roce mínimo.
- Secado manual o automático.** puede ser con aire a temperatura ambiental o de manera automática, en ambientes exentos de polvo. Tratamiento final que se da a las películas radiográficas para su posterior interpretación.

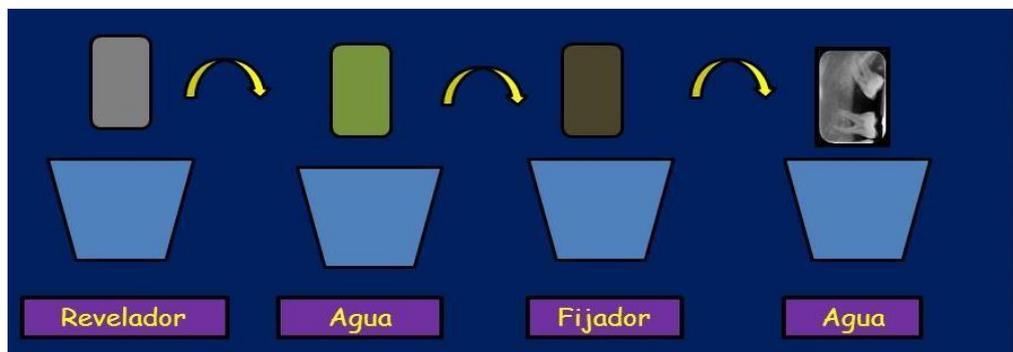


Figura 8. Procesado de la película radiográfica
Fuente: (UAEH, 2016)

CAPITULO III SOLDADURA INDUSTRIAL Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

3.1 Soldadura

La soldadura es el proceso de fabricación por medio de la fijación o unión de dos o más piezas de un material normalmente metales. Esto se logra a través de la coalescencia de varios metales en un cuerpo único, de tal manera que las piezas son soldadas derritiendo los metales y agregando un material de relleno, el cual posee un punto de fusión menor al de la pieza a soldar. Los aceros buenos para soldar son los aleados al Molibdenio (Mo), Cromo (Cr), Niquel (Ni), Vanadio (V), Manganeso (Mn), Cr-Mo, Cr-Ni, Cr-V, Cr-Mn; siempre y cuando contengan bajo contenido de carbono (C) y azufre (S). Así la soldabilidad dependerá de las condiciones de preparación de superficie, características químicas de los metales a soldar y de las propiedades mecánicas de la unión soldada. Para el proceso de soldadura se pueden utilizar fuentes de energía diferentes: (Universidad Tecnológica de Pereira, 2015)

Una llama de gas, Un arco eléctrico, Un láser, Un rayo de electrones o proceso de fricción con ultrasonido. La energía necesaria para unir dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.

Al ser una parte de algún proceso industrial, la soldadura puede realizarse en ambientes distintos: al aire libre, bajo el mar o el espacio. Como se trata de una técnica con cierto peligro, es indispensable adoptar medidas de seguridad para evitar quemaduras, descargas eléctricas o la sobreexposición a la luz ultravioleta.

3.2 Tipos

Tenemos dos tipos:

1º Con alimentación de alambre, se usa una pistola para alimentar el alambre al área de la soldadura y para ello se pueden usar pistolas de tipo estándar o pistolas de bobina (las estándar usan el alambre ubicado dentro de la máquina y alimentado a través de un cable y las pistolas de bobina usan alambre ubicado en la misma pistola); cabe mencionar que el tipo del alambre determina la configuración de máquina de soldar.

2º Con electrodo revestido. Esta es una de las técnicas más desarrolladas, y existen muchos procesos que se basan en este principio. Para lograr la soldadura se utiliza una fuente de energía eléctrica (ya sea corriente continua o alterna) que permite fundir los metales. Los procesos más comunes son:

- **SMAW** (Shielded Metal Arc Welding), En este proceso se utilizan electrodos de acero revestidos con un material fundente que, con el calor de la soldadura, produce dióxido de carbono. Este gas actúa como un escudo contra el oxígeno de la atmósfera, impidiendo la oxidación y la formación de escoria sobre el charco de soldadura.
- **GMAW** (Gas Metal Arc Welding), usa un electrodo que no se consume y un gas inerte, que se suministra aparte y que, debido a su naturaleza, impide la formación de óxidos y escorias.
- **FCAW** (Flux Cored Arc Welding), técnica mucho más rápida que la anterior, aunque más susceptible a imperfecciones. En esta técnica, el electrodo de acero está relleno de un material en polvo que al quemarse produce un gas de blindaje y una capa de escoria que protege la soldadura. Es un proceso semiautomático.
- **GTAW** (Gas Tungsten Arc Welding), el electrodo es de tungsteno y no se consume, y se utilizan gases inertes o semi-inertes como blindado. Es un proceso lento y preciso, que requiere de mucha técnica, pero que permite unir metales finos y realizar trabajos delicados. (EXCY BULK MATERIAL HANDLING) (HERRAMIENTAS, 2010)

Hasta el final del siglo XIX el único proceso de soldadura era la soldadura de fragua que utilizaban los herreros calentando metales mediante el

golpeo sistemático de los mismos. En la actualidad esta modalidad solo se emplea en algunas artes industriales.

3.3 Posiciones de soldadura o soldeo

Se refiere a la posición del eje de soldadura en los diferentes planos a soldar, las que exigen de conocimiento, destreza y dominio al soldador para ejecutar una unión soldada.

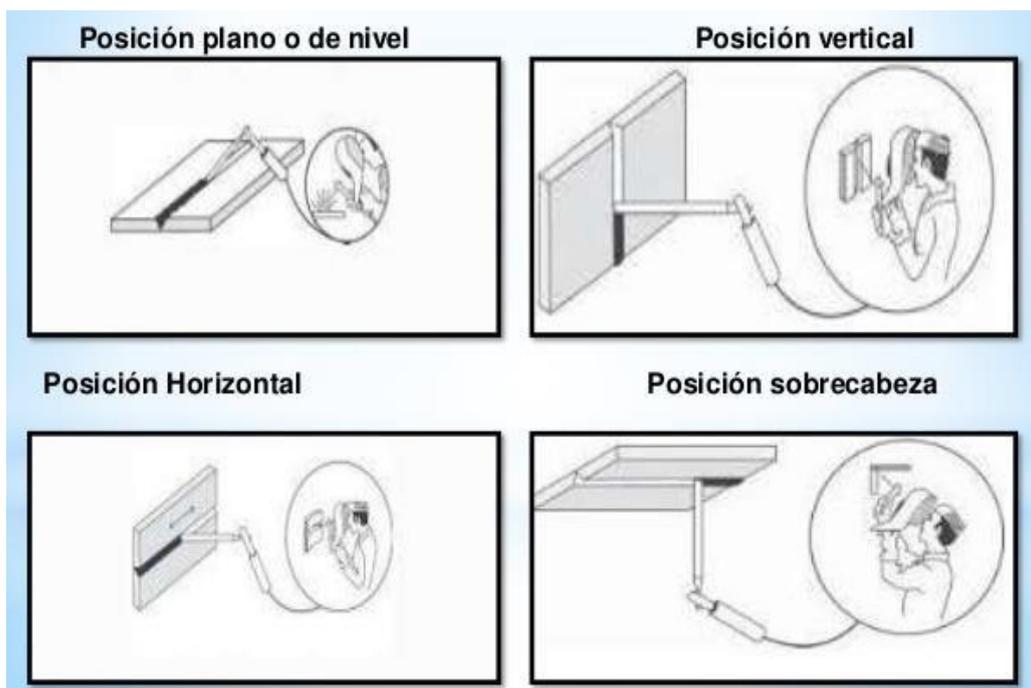


Figura 9. Posiciones de soldadura en plancha
Fuente:(Armalia, Venezuela, 2017)

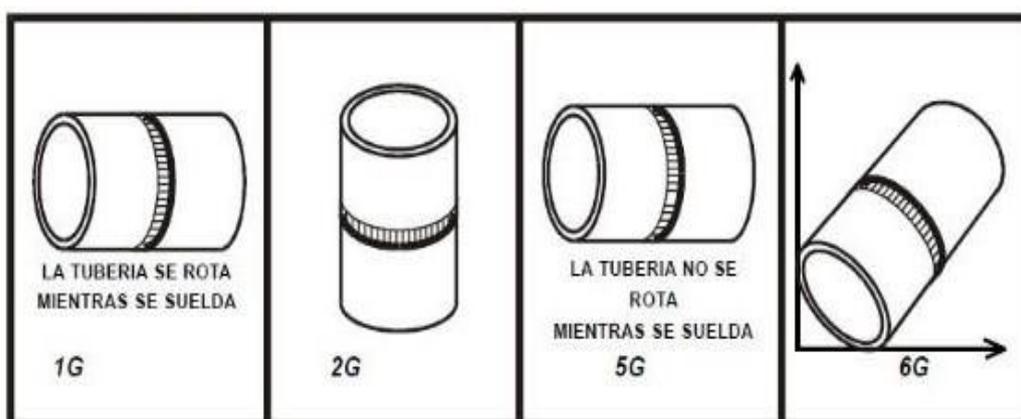


Figura 10. Posiciones de soldadura en tubería
Fuente: (Armalia, Venezuela, 2017)

3.4 Electrodo

Elemento principal en el proceso de soldadura, está hecho de un núcleo de metal sólido, alambre, cubierto con una capa fundente granular que se mantiene en el lugar por algún agente aglutinante

Para escoger el electrodo adecuado es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular, luego determinar el tipo y diámetro de electrodo que más se adapte a estas condiciones, este análisis es relativamente simple, si el operador se habitúa a considerar los siguientes factores:

- Naturaleza del metal base.
- Dimensión de la sección a soldar.
- Tipo de corriente que entrega la máquina soldadora.
- En qué posición o posiciones se soldará.
- Tipo de unión y facilidad de fijación de la pieza.
- Si el depósito debe poseer alguna característica especial, como son:
resistencia a la corrosión, gran resistencia a la tracción, ductilidad, etc.
- Si la soldadura debe cumplir condiciones de alguna norma o especificaciones especiales.

Después de considerar cuidadosamente los factores antes indicados, el usuario no debe tener dificultad en elegir un electrodo, el cual le dará un arco estable, depósitos parejos, escoria fácil de remover y un mínimo de salpicaduras, que son las condiciones esenciales para obtener un trabajo óptimo. (INDURA, 2013)

Tabla 10. Características de electrodos a usarse según procedimiento [Procedimiento de Soldadura Oleoducto Ramal Norperuano 2017]

Localización	Proceso de Soldadura	Clasificación del Electrodo	Diámetro Metal de Relleno	Current Type & Polarity	Amp Range	Volt Range	Velocidad de Avance pulg-min
SOLDADURA A TOPE LONGITUDINAL							
RAIZ	SMAW	E 6010	1/8"	DC+	85-95	29.0-31.0	9.0-11.0
RELLENO	SMAW	E 7018	1/8"	DC+	95-105	29.0-31.0	5.0-7.0
ACABADO	SMAW	E 7018	1/8"	DC+	90-100	29.0-31.0	6.0-8.0
SOLDADURA TIPO FILETE RADIAL							
BUTTERING	SMAW	E 7018	1/8"	DC+	95-100	29.0-31.0	8.0-9.0
RAIZ	SMAW	E 7018	1/8"	DC+	110-120	29.0-31.0	5.0-7.0
RELLENO Y ACABADO	SMAW	E 7018	1/8"	DC+	100-110	29.0-31.0	4.0-6.0

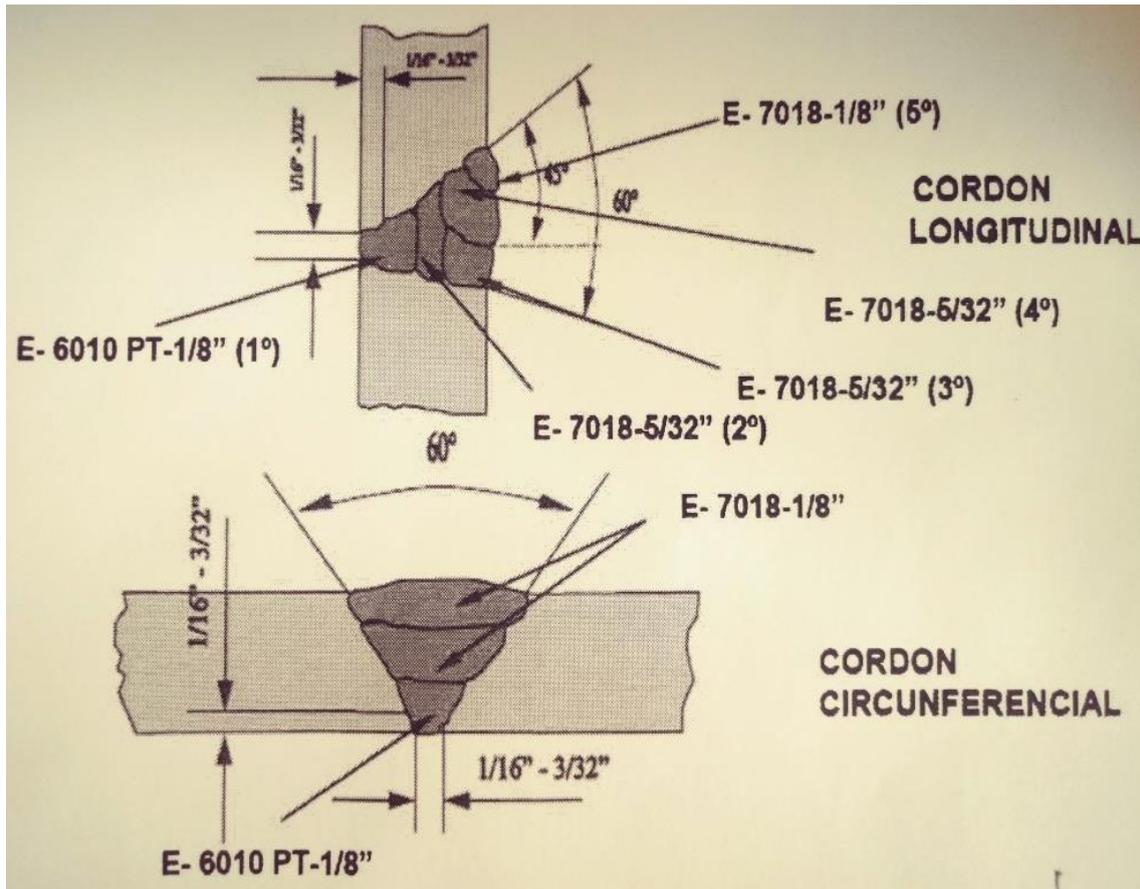


Figura 11. Partes del cordón de soldadura
[Procedimiento de Soldadura Oleoducto Ramal Norperuano 2017]

3.5 Sucesos durante el proceso de soldadura

Se da la fusión del metal base y aporte, cuando el metal de aporte y el metal base no poseen características similares, la soldadura se quebrará. En el caso del proceso SMAW (que es el que comúnmente se ve en todos lados).

Ejem., no se puede soldar aluminio con electrodos de acero al carbono pues los componentes de la varilla no son similares a los del aluminio y, por lo tanto, la soldadura no servirá.

La soldadura será exitosa si los metales, tanto del aporte y de base (varilla y pieza a soldar), poseen características similares en su composición química.

3.6 Procedimiento de soldadura

Las fichas técnicas donde se especifican los parámetros de la soldadura son:

- **WPS (Welding procedure specification)**, documento donde se plasman las variables esenciales y no esenciales que involucran la soldadura, que se va a soldar, como se va a soldar, materiales base, tipo y preparación de la unión, proceso de soldadura, material de aporte, parámetro eléctrico, etc.
- **PQR (Procedure qualification record)**, Registro de la prueba de calificación del WPS, que consiste en someter las probetas a pruebas destructivas.
- **WPQ (welder's qualification record)**, Registro de calificación de pruebas destructivas a la soldadura de prueba de un soldador.

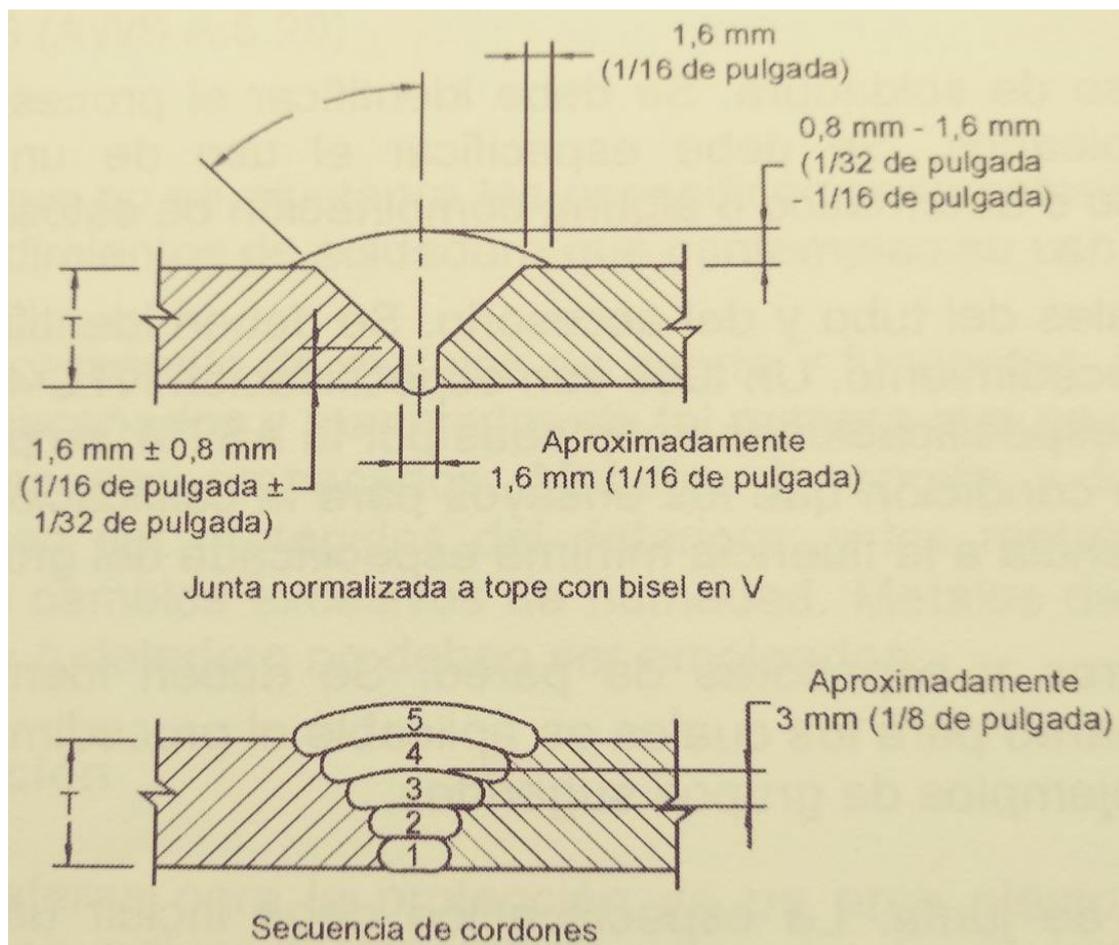


Figura 12. Esquema de pases de soldadura según procedimiento para línea de tubería.

Fuente:[Norma API 1104]

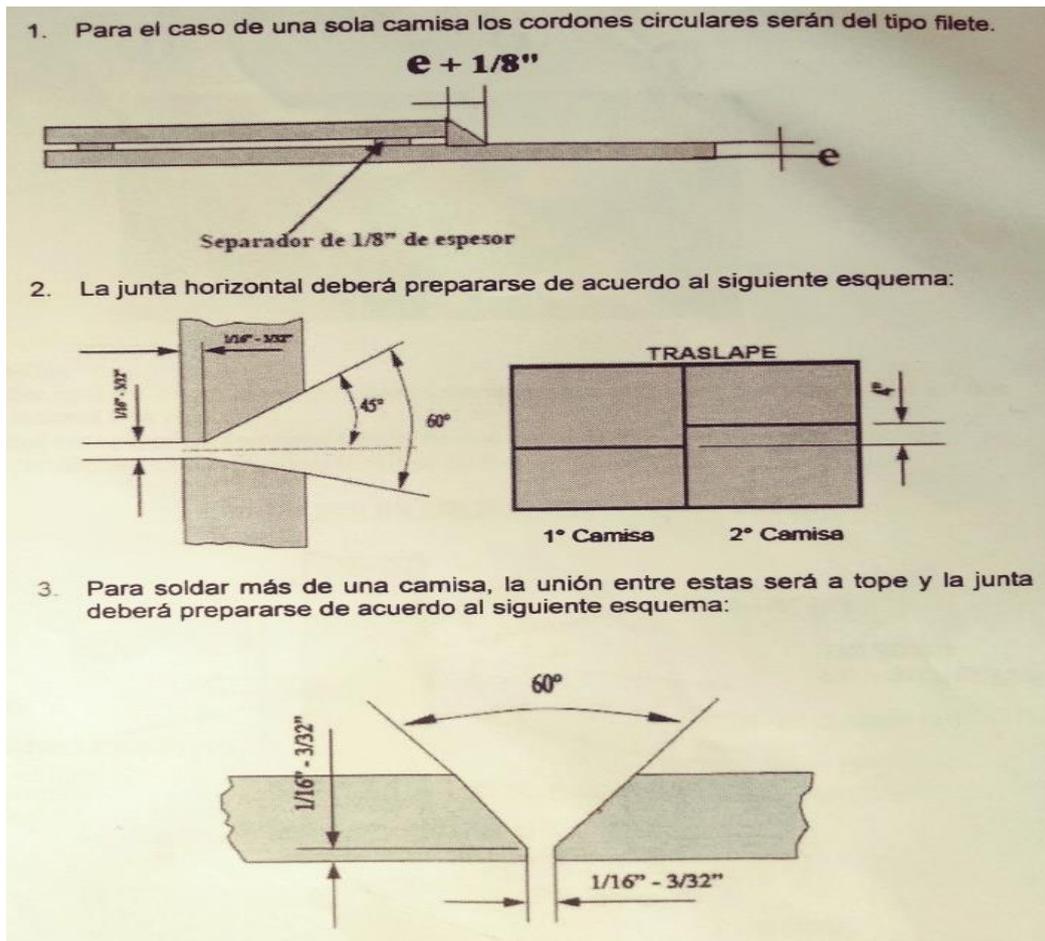
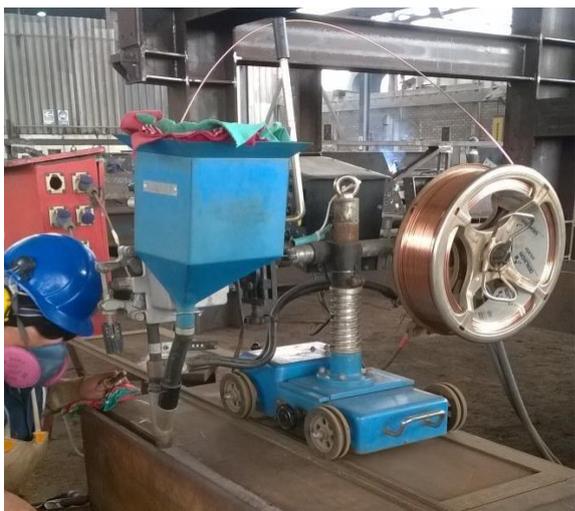


Figura 13. Descripción preparación de una soldadura [Procedimiento de Soldadura Oleoducto Ramal Norperuano 2017]



a) **Soldadura por Arco Sumergido [Taller Técnicas Metálicas -2015]** y b) **Soldadura a tope Ø36” con varilla [Proyecto Oleoducto Ramal Norperuano 2017]**

3.7 Ensayos no destructivos aplicados a la soldadura

3.7.1 Descripción

Según (TC TECNICONROL UNA EMPRESA BUREAU VERITAS, 1999), los Ensayos No Destructivos (END) son herramientas fundamentales en el Control de Calidad o Garantía de Calidad de materiales, soldaduras, equipos, piezas o partes, verificación de montajes, desarrollo de procesos y para la investigación. La mayor parte de los END se diseñan para descubrir discontinuidades, tras lo cual hay que decidir si éstos son significativos o no de acuerdo con estándares de aceptación (códigos).

Los Ensayos No Destructivos son aplicables en conjunto para detectar todos los tipos de discontinuidades, eso quiere decir que el uso de un ensayo no excluye el uso de otros.

Las mismas que al término del ensayo no sufrirán alteración o afectación en sus propiedades o funcionalidad.

3.7.2 Clasificación

Según la publicación de la Universidad Tecnológica de Pereira (2015) sobre Metalografía: Ensayos No destructivos existen una variedad de Pruebas No Destructivas que se han utilizado por décadas y con el paso del tiempo se han creado nuevas técnicas, sin embargo lo verdaderamente notable es el desarrollo de los sistemas computacionales, que han permitido procesar toda la información adquirida, de una manera más rápida y eficiente.

Una clasificación basada en el tipo de discontinuidades que son capaces de encontrar, las considera como:

1. **Pruebas No Destructivas Superficiales.** Nos permiten encontrar discontinuidades en la superficie del material de prueba, y en casos específicos, también discontinuidades subsuperficiales o ligeramente debajo de la superficie; entre estas encontramos a la Inspección Visual (VT), Tintes Penetrantes (PT), Partículas Magnéticas (MT), Electromagnetismo (ET).

2. **Pruebas No Destructivas Volumétricas.** Este tipo de pruebas nos proporcionan información de la integridad interna de los materiales inspeccionados; se consideran a la Radiografía Industrial (RT) y Ultrasonido Industrial (UT), además de la Emisión Acústica.

3. **Pruebas No Destructivas de Hermeticidad.** Para los recipientes o elementos sometidos a presión, encontramos este tipo de pruebas que nos proporcionan datos sobre su integridad, los distintos tipos que existen son Prueba Neumática o Hidrostática, Prueba de Burbuja, Prueba de Fuga, Prueba por Espectrómetro de Masas y Pruebas de Fuga con Rastreadores de Halógeno.

Sin embargo, estos no son todos los principios disponibles para la Ingeniería de los Ensayos No Destructivos (END). La digitalización de imágenes, la termografía, la radiografía por neutrones y el análisis de vibraciones, por nombrar algunas, son técnicas utilizadas para proporcionar información, que las ya mencionadas, y su desarrollo en todos los niveles aún continúan.

En este capítulo se explicarán los métodos de END más comunes ya que, para elegir la mejor técnica para una aplicación concreta, se deberá conocer las características, ventajas y desventajas de cada uno de ellos. (Institute, 2014)

Tabla 11. Aplicabilidad de las distintas técnicas de END
Fuente: (Rodríguez G., 2012)

Tipo de END	Zonas de detección	Analiza....	No adecuado para...
Inspección visual	Superficiales	Todo material.	-
Tintes penetrantes	Superficiales	Materiales metálicos y no metálicos.	Materiales porosos.
Partículas magnéticas	Superficial y subsuperficial	Materiales ferromagnéticos	Materiales no magnéticos, defecto interno máx. ≤ 4mm
Radiografía industrial	Interno	Soldaduras, fundiciones	Espesores > 400 mm.
Ultrasonido industrial	Interno	Planchas, tubería, soldadura, forjados, etc.	Materiales con alta atenuación.

Tabla 12. Clasificación de los END según su principio físico
Fuente: (Rodríguez G., 2012)

Principio físico / químico	Técnica no destructiva
Óptico	Inspección visual
Capilaridad	Tintes penetrantes
Radiación	Radiografía industrial
Electromagnetismo	Partículas magnéticas
Acústica	Ultrasonido
Térmico	Termografía

3.8 Calidad de soldadura

El proceso de soldadura cuyo resultado final es satisfactorio en sanidad y resistencia, producto de seguir condiciones controladas durante su producción y acabado.

3.8.1 Interpretación, evaluación y calificación de indicaciones.

Es la explicación, evaluación de lo que se observa en una película radiográfica, donde la zona más densa de la película corresponde a la proyección de la discontinuidad, indicación o defecto presente en el elemento ensayado quedando como resultado que por éstas pasará más radiación, por lo tanto, se obtendrá una zona de mayor densidad (más oscura) según sea el caso sobre la película, pudiendo ser:

3.8.1.1 Indicación

Es la respuesta o evidencia de una discontinuidad resultante de la aplicación de un ensayo requerido o específico.

3.8.1.2 Discontinuidad

Es la variación de la estructura típica de una soldadura (homogeneidad en la composición química, mecánica, metalúrgica o característica física del metal base o del aporte.

3.8.1.3 Defecto

Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades son inadmisibles para alguna norma específica, es decir, no se encuentran dentro de criterios de aceptación especificados por la norma aplicada.

3.8.2 Criterio de aceptación y/o rechazo

Método de calificación de las discontinuidades aceptables o no, presentes en una zona específica por su tamaño, nivel, grado que afecten la calidad del objeto evaluado, con la que se determinará la remoción o cambio de dicho elemento o parte.

3.8.3 Reporte y/o informe de resultados

Formato físico y adecuado, que hace referencia al procedimiento de ensayo requerido, en la que se describe de manera completa y exacta de los resultados de la inspección realizada; minimizando de esta manera, posibles confusiones ante una revisión en el futuro (auditoria).

3.9 Calificación de defectos según Norma API 1104

La presente calificación de defectos por ensayo, constituye un extracto de la Norma API 1104 para la calificación de la aceptación o rechazo de los elementos inspeccionados en soldadura. (**Norma Técnica Colombiana, 2002**)

1. Radiografía Industrial
2. Tintes penetrantes
3. Partículas magnéticas y
4. Ultrasonido

3.9.1 Radiografía industrial (RT)

En la Tabla 13 se muestra el resumen del criterio de aceptación o rechazo en Radiografía Industrial según la **norma API 1104**

Tabla 13. Resumen de criterios de aceptación o rechazo en Radiografía Industrial.

Indicación	Definición	Consideración para Defecto
Penetración Incompleta (IP)	Relleno incompleto de la raíz de unión	Longitud > 25mm.
Fusión Incompleta (IF)	Discontinuidad superficial entre metal de soldadura y metal base	Longitud > 25 mm.
Concavidad Interna (IC)	Cordón de soldadura con adecuada penetración y fusión, pero cuyo centro se encuentra por debajo de la pared interior del caño.	Densidad > a la del metal base más delgado adyacente.
Escoria Alargada (ESI)	Sólido no metálico atrapado dentro del metal de soldadura o entre el metal de soldadura y metal base.	Longitud > 50mm. Ancho > 1,6mm.(1/16"). Σ > de 50mm en 300mm.
Escoria Aislada (ISI)	Ubicadas en cualquier lugar dentro del metal de soldadura	Longitud Σ >13mm en 300mm. Ancho > 3mm (1/8").
Poros (P)	Gas atrapado en el metal de soldadura, de forma esférica, elongado o irregular.	Individual > 3mm. 25% del espesor > delgado.
Nido de Poros (CP)		\emptyset de nido > 13mm. Σ de nido > 13mm. Individual dentro de nido > 2mm.
Fisura (C)	Se presentan el cordón de soldadura o la zona afectada por el calor.	Cualquier tamaño o localización que no sea superficial o estrella.
Socavado	Muesca dejada luego de la soldadura tanto en cara como en raíz, adyacente a la soldadura	Interno (IU) Externo (EU) Σ > 50mm en 300 mm
Acumulación de Discontinuidades (AI)	Presencia de uno o más indicaciones en el cordón de soldadura.	Σ > 50mm en 300 mm Σ > 8% de longitud soldada.

3.9.2 Tintes penetrantes (PT)

Las indicaciones relevantes, serán consideradas defectos, si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

1. Indicaciones lineales identificadas como fisuras de cráter mayores a 4 mm
2. Indicaciones lineales identificadas como falta de fusión que excedan los 25 mm, de longitud en cualquier continuo de desarrollo de soldadura de 300 mm o el 8% de la longitud soldada.
3. Indicaciones redondeadas, serán evaluadas según el criterio de inclusiones de escoria (radiográfico), según sea aplicable.

3.9.3 Partículas magnéticas (MT)

1. Indicaciones lineales identificadas como fisuras de cráter que > 4 mm
2. Indicaciones lineales identificadas como fisuras excepto las anteriores.
3. Indicaciones lineales identificadas como falta de fusión que excedan los 25 mm de longitud en cualquier continuo de desarrollo de soldadura de 300 mm o el 8% de la longitud soldada.
4. Indicaciones redondeadas, serán evaluadas según el criterio de inclusiones de escoria (radiográfico), según sea aplicable.

3.9.4 Ultrasonido industrial (UT)

Indicaciones identificadas como fisuras se consideran defectos.

1. **Indicaciones lineales superficiales (LS)** (no fisuras), abiertas a la superficie, tanto en el diámetro interior como el exterior, serán considerados defectos si:
 - La suma de las LS en cualquier continuo de 300 mm de longitud de soldadura, excede 25 mm
 - La suma de las LS excede el 8% de la longitud soldada.
2. **Indicaciones lineales internas (LB)**, serán considerados defectos si:
 - -La suma de las LB en 300 mm de longitud de soldadura, >50 mm
 - -La suma de las LB $> 8\%$ de la longitud soldada.
3. **Indicaciones transversales (T)**, que no sean fisuras, serán tratadas y evaluadas como indicaciones volumétricas.
 - **Agrupamientos volumétricos (VC)** serán considerados defectos cuando la dimensión máxima del agrupamiento excede los 13 mm
 - **Indicaciones volumétricas aisladas (VI)** serán defectos cuando la máxima dimensión de la indicación >6 mm tanto en largo como en alto.
 - **Indicaciones volumétricas en la raíz (VR)**, abiertas a la superficie interior, serán consideradas defectos si:
 - La máxima dimensión de VR excede 6 mm
 - La longitud total de VR en 300 mm excede los 13 mm
4. **Cualquier acumulación de indicaciones relevantes (AR)** será considerado defecto si:

- La suma de las longitudes de AR, >50 mm en 300mm de soldadura.
- La suma de las longitudes de AR, excede el 8% de la longitud soldada

3.10 Inspección visual (VT)

Según (INSTITUTO MEXICANO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, IMENDE, A. C., 2018) la inspección visual es un instinto que posee el ser humano, en el hombre la mayor parte de la información que le llega, proveniente del mundo exterior y lo hace a través del canal visual. La gran cantidad de experimentos que se realizan o practican suele dar en última instancia los resultados en forma visible u óptica. La vista sin embargo puede proporcionar mayor información que no puede ser alcanzado por otros medios. Además, la inspección visual es el ensayo no destructivo por excelencia.

El tema de la inspección visual es importante por sí mismo, aunque siéndolo no se le reconoce, sin embargo, importa acotar su alcance si se desea ir a lugares distanciados. Técnicamente dejar la inspección visual en el examen a simple vista técnicamente es poco. Al contrario, englobando la inspección visual como todos los métodos ópticos utilizables como métodos END (Ensayo No Destructivo); conduce al diagnóstico correcto, que sin duda suele ser algo exagerado. La inspección visual es una etapa puesto que no puede emprenderse un trabajo de este tipo sin tener la seguridad de que el personal que realice no tenga una visión defectuosa. Lo que podemos observar en la inspección visual es: Cantidad, tamaño, forma o configuración, acabado superficial, características de color, ajuste, características funcionales, presencia de discontinuidades superficiales, etc.

3.10.1 Herramientas, instrumentos

Para determinar el estado general de un componente, pieza o superficie, necesitamos de:

1. Equipos de iluminación: Linterna halógena, lámparas portátiles, etc.
2. Equipos de visión: Espejos articulados, lentes de aumento, etc.
3. Equipos de medida: Reglas, calibres (galgas), etc.

3.10.2 Técnicas

Observación directa: A ojo desnudo o con la ayuda de Instrumental auxiliar. se complementa con técnicas de registro.

1. **Transmisión de imágenes:** La imagen de la pieza se obtiene de sistemas de cámara de video y filmación (boroscopia).
2. **Técnica de réplicas:** Se obtiene la reproducción exacta de la superficie mediante el uso de lacas, barnices, polímeros, etc.

3.10.3 Ventajas de la inspección visual

1. Casi todo puede ser inspeccionado, en cierto grado.
2. Ensayo de bajo costo.
3. Se puede recurrir a equipos relativamente simples, tales como lupas de baja magnificación, baroscopios cámaras, se requiere un mínimo de entrenamiento.
4. Amplio alcance en usos para beneficio rápido.



a)



b)

Figura 15. Inspección visual (a) cordón de soldadura de Ø10" unión tubo-brida [Proyecto Antamina, y (b) Inspección al cuerpo de ducto Ø36" [Oleoducto RamalNor Peruano]

3.11 Tintes penetrantes (PT)

Teniendo en cuenta (FUERZA, 2018), los líquidos penetrantes son un ensayo no destructivo con amplia aplicación en la industria de los materiales, después de la radiografía industrial y las partículas magnéticas. Su origen viene

del procedimiento de aceite y blanqueo. Cuando son aplicadas correctamente, los líquidos penetrantes nos permiten detectar gran variedad de defectos como poros, picaduras, fisuras producidas por fatiga o esfuerzos térmicos y fugas en recipientes herméticos, entre otros.

Es muy importante que las superficies de los materiales o piezas no sean muy porosas, porque esto dificulta el análisis y las imperfecciones se pueden confundir.

Este tipo de ensayo es usado para revelar claramente grietas, hendiduras y poros. El cual se basa en el principio de la capilaridad que permite la penetración y llenado de defectos aflorantes a la superficie, debido a líquidos con partículas de tinta. Los defectos son detectables, cuando estos tienen salida a la superficie.

3.11.1 Tipos

Los líquidos penetrantes se pueden clasificar según como sea la clase de remoción y según la sustancia con la que se mezcle.

Clasificación 1: Sustancia con que se mezcle:

- **Tipo A.** Mezclados con sustancias fluorescentes. Visibles con luz negra o lámpara de Wood.
- **Tipo B.** Mezclados con colorantes (Generalmente rojos). Visibles a la luz natural.

Clasificación 2: Clase de remoción:

- Removibles con agua.
- Removibles con solventes comunes.
- Removibles con solventes especiales.
- Removibles con agua después de ser emulsificados (La emulsión les permite ser removidos con agua).

La norma ASTM E-165-63, clasifico los Tipos A y B, según la clase de remoción.

3.11.2 Características

1. Elevada tensión superficial y baja viscosidad.
2. Alta propiedad de penetración hasta en la temperatura ambiente, evitando tener que calentar el líquido.
3. Que la propiedad de penetración sea continua, sin importar que cantidad sea aplicada, ni el método de aplicación.
4. Facilidad para ser removidos de la superficie de la pieza, sin pérdida de líquidos. Líquido no tóxico, inflamable ni se evapora rápidamente.
5. Líquido inerte, ser buen indicador, y muy visible sin importar la cantidad aplicada. Si es un líquido fluorescente, presentar alta fluorescencia bajo el efecto de la luz negra.

3.11.3 Pasos a seguir en la aplicación

Montaje para ensayos con líquidos penetrantes.

1. Limpieza de la pieza a examinar.
2. Impregnación de la pieza con el líquido penetrante.
3. Tiempo de espera para una adecuada penetración.
4. Remoción del exceso de penetrante.
5. Aplicación del revelador.
6. Inspección de la pieza e interpretación de las observaciones.
7. Registro de defectos revelados.

3.11.4 Usos

En la inspección de soldaduras, incluidas aleaciones no ferromagnéticas, etc.

1. Inspección de preparaciones de bordes para soldadura o de excavaciones en reparación de las mismas.
2. Inspección de componentes metálicos: forjas, fundiciones, mecanizados, etc.
3. Inspección de materiales plásticos no poroso.

3.11.5 Propiedad y limpieza

El penetrante debe ser inerte y no corrosivo con respecto a los materiales a inspeccionar y los depósitos de almacenaje y uso.

El líquido penetrante debe ser lo más inocuo posible para el personal que lo está manejando.

Ejemplo: Riesgo de corrosión en superficies de aluminio cuando se utiliza un penetrante autoemulsionable si éste se contamina con agua, debido al carácter alcalino del emulsificador.



Figura 16. Aplicación de líquidos penetrantes (a) Accesorio de Ø 3” [Oleoducto RamalNor Peruano 2017] (b) Indicación a reparar tubería de Ø2” [Parada de mantenimiento Refinería Talara, 2018]

3.11.6 Condiciones previas de aplicación o consideración

- Condición fundamental de que la superficie a ensayar no sea muy rugosa, este libre de óxidos, escoria, grasa, pintura.
- No se debe mezclar productos distintos.
- Cuando se va examinar materiales fabricados en acero inoxidable, titanio o aluminio (aeronáutica) y/o aleaciones de níquel (monel); los penetrantes deberán tener control de contaminantes sobre los halógenos (derivados del cloro, bromo, flúor e iodo) y los derivados del azufre (sulfatos o sulfuros).



a) b) c)
Figura 17. Inspección por líquidos penetrantes accesorio Ø 3" (a) Limpieza, (b) aplicación de penetrante y (c) aplicación de revelador. [Inspection Technologies SAC Parada de Planta Refinería Talara: 2017]

3.12 Partículas magnéticas (MT)

Teniendo en cuenta (INTERTEK, Total Quality Assured, 1999) los Ensayos No Destructivos por partículas magnéticas ayudan a detectar las discontinuidades superficiales y sub-superficiales (No afloran a la superficie, pero están cercanos a ella) en materiales ferromagnéticos; ésta capacidad permite la inspección de materiales con recubrimientos (finas capas de pintura, imprimaciones, etc.). Los ensayos por partículas magnéticas tienen una extensa aplicación en los procesos de fabricación y en la inspección en servicio, entre las que se encuentran:

- Inspección de soldaduras.
- Inspección de preparaciones de bordes para soldadura.
- Inspección de componentes metálicos: Forjas, fundiciones, mecanizados, etc. Inspección de componentes de gran tamaño, como turbinas hidráulicas y de vapor o gas, fundiciones pesadas, etc.

La detección de discontinuidades se puede lograr (hasta 1/4" de profundidad aproximadamente, para situaciones prácticas) en materiales ferromagnéticos. Por medio de equipos hasta de 1500 A° y 6000 A°.

3.12.1 Características

- Facilidad para ser magnetizada.
- Grado de retención de magnetismo residual.
- Visibles, contraste entre el color de la pieza y las partículas.
- No toxicas, sin contaminantes.

3.12.2 Tipos

- Polvo: (Técnica seca). Se espolvorea sobre la pieza.
- Pasta: (Técnica húmeda). Baño por medio de pincel o Spray.

3.12.3 Verificación del poder de carga (o levante)

Verificar el poder de carga antes de su uso cada día o cuando este se encuentre dañado o sea reparado.

- Con yokes AC, se debe alcanzar por lo menos 10 lb de carga a la máxima distancia entre polos a utilizar.
- Con yokes CD, se debe alcanzar por lo menos 40 lb de carga a la máxima distancia entre polos a utilizar.

3.12.4 Uso del indicador de campo

Para verificar la adecuada dirección del campo de magnetización, se usa el indicador tipo Pie Gauge revelan las entallas que tienen el indicador bajo sus caras de cobre.



Figura 18. Prueba de magnetización (a) prueba de poder o levante, y (b) dirección de campo magnético [Proyecto Oleoducto Nor y Ramal Peruano: 2017]

3.12.5 Proceso de ejecución

Es la secuencia de aplicación del ensayo al objeto, elemento o parte de éste a ensayar.

3.12.5.1 Magnetizar: (Inducción de un campo magnético). Se hace uso generalmente del yugo electromagnético, entre otros métodos. Según las necesidades de inspección se pueden utilizar corriente (alterna, directo).

Una vez magnetizado el objeto, se comporta como un imán (Se forman dos polos: sur y norte), donde las líneas del polo magnético viajan de Norte a Sur.

Existen diferentes métodos para inducir el campo magnético en las piezas a analizar, por ejemplo:

- **Residual:** El detector se coloca después de retirar la fuerza magnética (Magnetismo remanente).
- **Continuo:** El detector se coloca al mismo tiempo en que es producida la magnetización.

3.12.5.2 Aplicar partículas

Una vez magnetizada la pieza se aplica el polvo, donde se encuentre una perturbación o fuga en las líneas del flujo (formación de polos pequeños alrededor de un defecto) magnético, las partículas se acumularán y será visible el lugar de un posible defecto.

3.12.6 Evaluación de discontinuidades

La detección de una imperfección, fractura o inclusiones no metalizadas en una pieza magnetizada causan la creación de dos polos opuestos (Norte y Sur), donde las partículas magnéticas son atraídas por estos polos formando las indicaciones.



(a) (b)
Figura 19. Inspección por partículas magnéticas (a) Método húmedo y seco a soldadura circunferencial y longitudinal (b) Partículas húmedas a una anomalía en el cuerpo del ducto Ø 36 [Proyecto Oleoducto RamalNor Peruano 2017]

3.13 Radiografía industrial (RT)

La Inspección por RT (Universidad Tecnológica de Pereira, 2015) y (Echevarría, 2002) se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Al aplicar RT, normalmente se obtiene una imagen de la estructura interna de una pieza o componente, debido a que este método emplea radiación de alta energía, que es capaz de penetrar materiales sólidos, por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dicho material. Por lo anterior, esta prueba es utilizada para detectar discontinuidades internas en una amplia variedad de materiales.

Dentro de los END, la Radiografía Industrial es uno de los métodos más antiguos y de mayor uso en la industria. Debido a esto, continuamente se realizan nuevos avances que modifican las técnicas radiográficas aplicadas al estudio no sólo de materiales, sino también de partes y componentes; todo con el fin de hacer más confiables los resultados durante la aplicación de la técnica. El principio físico en el que se basa esta técnica es la interacción entre la materia y

la radiación electromagnética, siendo esta última de una longitud de onda muy corta y de alta energía.

Durante la exposición radiográfica, la energía de los rayos Gamma es absorbida o atenuada al atravesar un material. Esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material inspeccionado.

La principal diferencia entre los rayos X y Gamma es el origen de la radiación electromagnética; ya que, mientras los rayos x son generados por un alto potencial eléctrico, los rayos gamma se producen por desintegración atómica espontánea de un radioisótopo.

3.13.1 Ventajas

1. Es un excelente medio de registro de inspección.
2. Su uso se extiende a diversos materiales.
3. Se obtiene una imagen visual del interior del material.
4. Se obtiene un registro permanente de la inspección.
5. Descubre los errores de fabricación y ayuda a establecer las acciones correctivas.

3.13.2 Limitaciones

1. No es recomendable utilizarla en piezas de geometría complicada.
2. No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.
3. La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados.
4. Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.
5. Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.
6. Requiere de instalaciones especiales como son: el área de exposición, equipo de seguridad y un cuarto oscuro para el proceso de revelado.
7. Las discontinuidades de tipo laminar no pueden ser detectadas por este método.



a) **Figura 20. Radiografía industrial (a) Técnica pared doble [Proyecto Perú LNG 2010] y (b) Técnica pared simple, uso de “Crawler” [INGECONTROL SAC Proyecto Red de Gas CONTUGAS 2013]**

3.14 Ultrasonido (UT)

Ultrasonido según (Rodríguez G., 2012) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se base en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material. Consiste en utilizar ondas de sonido fuera del intervalo auditivo, con una frecuencia de 1 a 5 millones de Hz (ciclos por segundo) de aquí el término ultrasónico. El método ultrasónico es una prueba no destructiva, confiable y rápida que emplea ondas sonoras de alta frecuencia producidas electrónicamente que penetrarán metales, líquidos y muchos otros materiales a velocidades de varios miles de metros por segundo. Las ondas ultrasónicas para ensayos no destructivos generalmente las producen materiales piezoeléctricos, los cuales sufren un cambio en su dimensión física cuando se someten a un campo eléctrico.

3.14.1 Aplicaciones

El Ultrasonido Industrial es un ensayo no destructivo ampliamente difundido en la evaluación de materiales metálicos y no metálicos. Es frecuente su empleo para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, detección de defectos en piezas que han sido fundidas y forjadas, laminadas o

soldadas; en las aplicaciones de nuevos materiales como son los metal-cerámicos y los materiales compuestos, ha tenido una gran aceptación, por lo sencillo y fácil de aplicar como método de inspección para el control de calidad de materiales, bien en el estudio de defectos (internos, subsuperficial y superficial) y en la toma de mediciones como: medición de espesores (recipientes de acero, capa de grasa en animales, etc.), medición de dureza, determinación del nivel de líquido, etc.

3.14.2 Ventajas

1. Se puede aplicar esta técnica en una gran gama de materiales y a un gran número de productos conformados como: chapas, ejes, vías, tubos, varillas, etc., y a procesos de fabricación tales como: soldadura, fundición, laminación, forja, mecanizado, etc.
2. Es aplicable a otras ramas tales como: la medicina, navegación, pesca, comunicación, entre otras.
3. Permite detectar discontinuidades tanto superficiales, subsuperficiales e internas.
4. Puede aumentarse la sensibilidad del equipo con un cambio conveniente de palpador.
5. Los equipos pueden ser portátiles y adaptables a un gran número de condiciones.

3.14.3 Limitaciones

1. El equipo y los accesorios son costosos.
2. Deben emplearse varios tipos de palpadores a fin de determinar todas las discontinuidades presentes en la pieza, preferiblemente cuando se trata de piezas que han sido ensayadas anteriormente.
3. El personal destinado a realizar los ensayos debe poseer una amplia experiencia y calificación en el manejo de la técnica y los equipos.



a)



b)

Figura 21. Ultrasonido (a) Método TOFD [Cerro Verde – Arequipa 2007], (b) Método Convencional, pulso eco [Proyectos: Centro Convenciones Lima – Vía Línea Amarilla 2015]

3.14.4 Calibración angular del equipo de ultrasonido (UT)

Para la ejecución de la calibración en los sistemas ultrasónicos, (Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2006) se usan:

1º Bloques o trozos metálicos con discontinuidades artificiales, cuyos propósitos son:

- La determinación de las características de operación del instrumento y del palpador. Ejem., Probeta de campo según espesor.
- El establecimiento y reproducción de los ecos que indican la respuesta del instrumento durante el desarrollo del ensayo en piezas o muestras.

2º Bloques de calibración, que son usados para determinar las características de operación de un equipo ultrasónico o para establecer una reproducción de las condiciones de ensayo.

3º Bloques de referencia, usados para comparar la altura de un eco de discontinuidad o la ubicación de la discontinuidad en la pieza inspeccionada (ejemplo: V1, V2. etc.)

Los bloques normalizados de referencia son utilizados para estandarizar los equipos de ultrasonido para piezas en general, los que se realizan por 2 razones básicas:

- *Primera* para verificar que el conjunto equipo-palpador trabaje como se requiere.
- *Segunda*, seleccionar en nivel de sensibilidad o ganancia requerida para detectar las discontinuidades según sus dimensiones en la pieza que se ensaya.

La evaluación de discontinuidades se realiza por comparación de sus indicaciones con las recibidas de una discontinuidad artificial de dimensiones conocidas a la misma profundidad y en un bloque normalizado de referencia del mismo material (Probeta).

3.14.5 Uso del bloque International Institute of Welding (IIW) Tipo 1

Para calibración con ondas longitudinales y de corte, y para verificar el punto de salida de la zapata y el ángulo refractado. También puede ser utilizado para verificar la resolución y la sensibilidad. Dimensiones: 12" x 4" x 1".

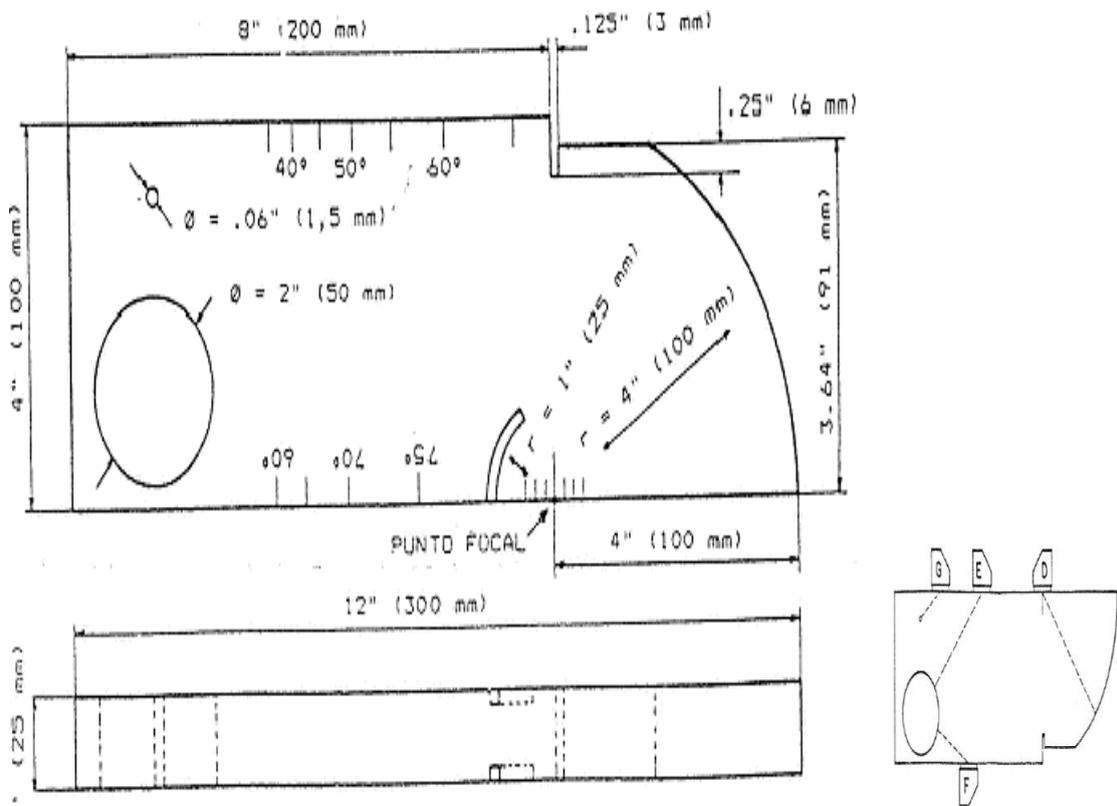


Figura 22. Dimensiones y posiciones de calibración angular, mediante el bloque patrón IIW Tipo 1

Las posiciones de calibración en el bloque patrón son las siguientes:

- 1° Punto de Salida real del transductor, obtenemos colocando el palpador sobre el bloque WII (V1), hasta encontrar el eco en su mayor amplitud. Posición D.
- 2° Determinando el ángulo real del haz ultrasónico del palpador. Posición E para palpadores de ángulo 40 y 60° y Posición F ángulos de entre 60 y 70°; buscar la amplitud máxima.
- 3° Calibración en amplitud o sensibilidad, Posición G, buscar amplitud máxima en el orificio de 1.5 mm (0,006"); la sensibilidad debe ser ajustada al 80% y cuyo valor de la ganancia será nuestro Nivel de Referencia.

3.14.6 Evaluación de indicaciones según el código AWS D1.1

Referida a las diferencias algebraicas existentes entre los niveles de ganancia: nivel de indicación, nivel de referencia y factor de atenuación:

$$d = a - b - c$$

d: grado de indicación. b: nivel de referencia
a: nivel de indicación. c: factor de atenuación

El factor de atenuación se calcula en base a la distancia angular (recorrido del haz palpador-discontinuidad en pulgadas):

$$c = 2 - (h - 1)$$

h: distancia angular en pulgadas

El grado de indicación "d" obtenido es comprobado y clasificado en las tablas de aceptación o rechazo según sea el caso.



a)



b)

Figura 23. Calibración de equipos (a) usando bloque patrón WII y (b) medición de espesores [Interinspec SAC- Proyecto Oleoducto Ramal-Norperuano]



Figura 24. Inspección por ultrasonido técnica TOFD [INGECONTROL SAC Proyecto Cerro Verde 2007]

3.15 Procedimiento de inspección de los END

Los procedimientos basados en las guías prácticas según (Engineers, 2017), Es el documento escrito elaborado o formulado preferentemente por un inspector Nivel II o III, calificado y certificado en el ensayo requerido. Documento en el que se plasma de manera ordenada y consecuente las acciones que describen los actuados en la aplicación de una técnica específica, definiéndose en éste, los parámetros técnicos, requisitos de equipo, accesorios, materiales, consumibles, etc., acorde a lo establecido en los códigos, normas o especificaciones; es decir, de cómo será inspeccionado, evaluado e informado el elemento motivo de la inspección.

Entre sus beneficios de uso tenemos:

- Basado en documentos aplicables (código, norma, especificación).
- Homogeneidad en la técnica de inspección, por lo tanto en el criterio de rechazo o aceptación.
- Mantiene la calidad de inspección de los elementos inspeccionados.
- Evita discrepancias entre fabricante y prestador del servicio.

3.16 Códigos, normas, estándar y especificación

Extracto de (Calidad, 2003), en la que se describe que son documentos de uso generalizado que sirven como medida o modelo de excelencia, que se utilizan para

respaldar las actividades del Inspector en la obtención de la calidad y sanidad de la soldadura, material o parte de un elemento inspeccionado, como son:

3.16.1 Código

Documento que tiene estatus legal y que casi siempre se considera mandatorio, como ejemplo:

AWS (American Welding Society)

- AWS DI.1: Código de soldadura estructural – Acero.
- AWS D1.5: Código de soldadura estructural para puentes.
- AWS D1.6: Código de soldadura estructural – Acero inoxidable.

ASME (American Society of Mechanical Engineers), para calderas y recipientes a presión, dividido en 11 secciones:

- Sección V: Examinación no destructiva.
- Sección VII: Recipientes a presión.
- Sección IX: Calificaciones de procedimientos de soldadura y soldadores.

ASME B.31 Tubería a presión:

- ***B31.3***: Tubería de proceso.
- ***B31.4***: Sistemas de línea para transportar Hidrocarburos líquidos y otros líquidos.
- ***B31.8***: Sistemas de tubería para la transmisión y distribución de gas.

3.16.2 Estándar

Documento que establece requerimientos de aceptabilidad o rechazo de un producto.

ASTM (American Society for Testing and Materials)

- ASTM A36: Especificación para acero estructural.
- ASTM A435: Inspección por ultrasonido de placas de acero rolado.

API (American Petroleum Institute)

- API 1104: Soldadura de líneas de tubería e instalaciones relacionadas.
- API 650: Tanques de acero soldados para almacenamiento.
- API 653: Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de tanques.

3.16.3 Especificación

Documento más general, contiene o hace referencia a códigos, normas, estándares, dibujos de fabricación, etc.

- API 5L: Especificación para tubería de línea.
- AWS A5.1: Electrodo de acero al carbón y fundentes para SMAW.

3.17 Imágenes radiográficas con indicaciones

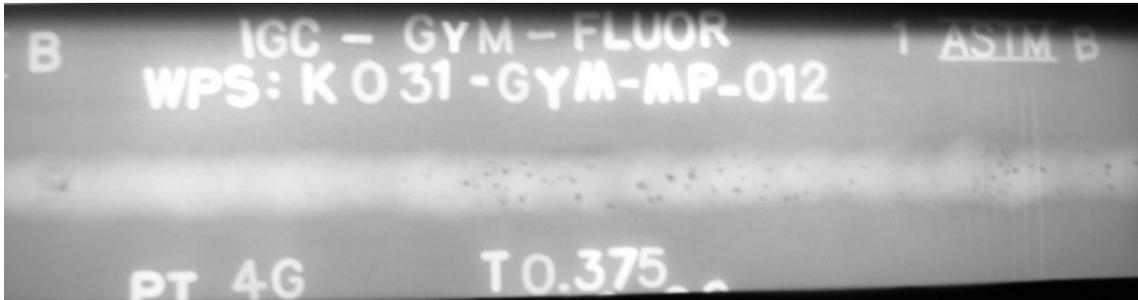


Figura 25. Interpretación radiográfica API 1104. Inclusión de poros [Ingecontrol SAC: Proy. Cerro Verde Arequipa 2007]



Figura 26. Interpretación radiográfica API 1104. Inclusión de material extraño en la zona de interés. [Ingecontrol SAC: Proy. Red de Gas Contugas Ica 2013]



Figura 27. Interpretación radiográfica API 1104: Soldadura a reparar presentó falta de fusión (IF) [Ingecontrol SAC: Proy. Red de Gas Contugas Ica 2013]



Figura 28. Interpretación radiográfica API 1104: (a) Falta de fusión (IF) y (b) escoria lineal (ESI). Ambas indicaciones superan los límites de aceptación: Reparar soldadura. [Inspection Technologies SAC: Proy. Parada en Refinería Talara 2018]

CAPITULO IV APORTES PARA LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL Y DISPOSICIÓN FINAL DE INSUMOS QUÍMICOS

En todo uso de la radiación industrial, es necesario tomar o adoptar medidas o recomendaciones que nos lleven a aminorar y/o mitigar la dosis que se recibe, a lo más bajo posible en la exposición a la radiación del personal involucrado en el ensayo, es por ello que formulo procedimientos basados en la Seguridad Radiológica según lo establecido por las nuevas exigencias normativas internacionales y supervisadas por el Instituto Peruano de Energía Nuclear, como:

- Reglamento de seguridad radiológica D.S N° 009-97-EM
- Norma Técnica IR-001-2009 “Requisitos de seguridad radiológica en radiografía industrial” RP 147-09-IPEN/PRES.
- Norma Técnica PR-002-2011 “Requisitos técnicos y administrativos para servicio de dosimetría personal de radiación externa” RP-132-11-IPEN/PRES.

Todo ello, debido a los efectos biológicos identificados como producto de la radiación a la que como personal ocupacionalmente nos exponemos.

4.1 INGECONTROL SAC

Elaboración, aprobación e implementación de dos propuestas de procedimientos para su ejecución dentro del Proyecto 1760 - Red de Gas CONTUGAS – Ica- Perú.

4.1.1 Plan de Seguridad Radiológica N° IGC-IRG-103

Procedimiento que se formula con el fin de hacer saber al personal de campo de Ingecontrol, sobre el conjunto de acciones y operaciones que deben realizarse de una manera única y segura, en el manejo del equipo, accesorios y dispositivos con la finalidad de reducir al mínimo la dosis recibida. (Para mayores detalles y especificaciones ver el Anexo 1).

4.1.2 Procedimiento para el uso, transporte, almacenamiento y disposición de productos químicos para radiografía N° IGC-IRG-104

Procedimiento que se planteó, con el objetivo de disponer el uso y la disposición final de los desechos producidos o generados en el procesamiento de las placas radiográficas (pantallas de plomo, cartón), residuos químicos producto del revelado de las películas (revelador, fijador, agua contaminada); todo con la finalidad de evitar la contaminación ambiental en el ámbito del proyecto. (Para mayores detalles y especificaciones ver el Anexo 2).

4.2 NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC

Formulación, elaboración, aprobación de procedimientos presentados ante la Oficina Técnica de la Autoridad Nacional (OTAN) para la Renovación del Registro y Licencia de Operación Institucional y de seguridad física,

4.2.1 Manual de protección radiológica NIT-MPR-002

Se formula este Manual, viendo la necesidad de recoger los aspectos básicos y esenciales de la Radiografía Industrial, con la finalidad, que el personal de Inspección Technologies SAC., comprenda y mejore de manera ordenada la operación en campo, con en el conocimiento de aspectos básicos en la manipulación de equipos, accesorios, y dispositivos utilizados en la Radiografía industrial, con la finalidad concisa de, minimizar los valores de dosis (antes, durante y después) en el desarrollo del ensayo. (Para mayores detalles y especificaciones ver el Anexo 3).

4.2.2 Procedimiento de Seguridad física NIT-PSF-001

Procedimiento en la que se describe o detalla, las medidas de seguridad física que se toman o adoptan en favor de salvaguardar el equipo y/o fuente radiactiva, tanto a nivel de local institucional o en bunker cedido en campo. (Para mayores detalles y especificaciones ver el Anexo 4).

CAPÍTULO V DISCUSIONES

1. La normatividad vigente ha excluido recientemente la participación los Ingenieros Químicos en la dirección o responsabilidades en proyectos del sector hidrocarburos debido al desconocimiento de las competencias que se desarrolla en el currículo de Ingeniería Química como consta en la resolución Ministerial N° 341-2018- VIVIENDA del 07-10-18.
2. El Inspector END Nivel II al examinar un material, equipo, pieza o parte de esta, deberá tomar en consideración:
 - (a) La sensibilidad en la detección del tamaño mínimo del defecto de manera correcta que depende del material y tipo de objeto examinado,
 - (b) El tiempo que se emplea en la realización e interpretación adecuada de los datos del ensayo requerido, y
 - (c) La cobertura del objeto en el área inspeccionada apropiada depende de la geometría de la pieza.

El no tomar en consideración estos detalles reduce la confiabilidad y aumenta la posibilidad de reportar falsas indicaciones.

3. El Inspector en END Nivel II muchas veces coadyuva en la toma de decisiones del cliente para optar por un tipo de ensayo por la relación costo/beneficio o características tecnológicas del elemento a ensayar.

CONCLUSIONES

1. El presente informe de experiencia profesional está centrado en detallar los principios y aspectos teóricos básicos para la aplicación e interpretación de los resultados que rigen el empleo de los Ensayos No Destructivos (END) en el control de calidad de los elementos unidos por soldadura en equipos, piezas o partes, etc. en su etapa de producción, montaje o funcionamiento cuya evaluación de su sanidad e integridad dependerán del conocimiento, experiencia y habilidad del personal ejecutante como Nivel II.
2. El Inspector Nivel II (con calificación y certificación vigentes) realiza la aplicación de los END a diferentes equipos, elementos, piezas o partes; teniendo en consideración su geometría, característica, propiedad, espesor, tamaño y/o requerimiento del cliente; de acuerdo a lo que establece la norma, código o especificación que rigen para tal fin. Y es quién garantiza la integridad y confiabilidad de un producto evaluado, brindando además información valiosa para desarrollar mejores técnicas y/o perfeccionar su fabricación en particular, y garantiza el tiempo de vida útil y la operatividad de cada equipo con lo cual queda establecido que el uso de los END es una herramienta fundamental para controlar y garantizar la calidad del elemento evaluado.
3. El Inspector Nivel II de END en Visual Testing (VT), Penetran Testing (PT), Magnetizing Testing (MT), Radiographic Testing (RT) y Ultrasonido Testing (UT) utiliza procedimientos y técnicas propios para cada ensayo requerido, establecidos según su normativa correspondiente que sirve para lograr la satisfacción integral y la sanidad de los elementos, reportando al cliente los respectivos informes de aceptación o rechazo.

4. En los aportes a la radiografía industrial y disposición final de insumos químicos se desarrolló, propuso e implementaron:
 - 4.1 Un Plan de Seguridad Radiológica en Ingecontrol SAC (Anexo 1) que establece las acciones básicas de protección, con la finalidad de prevenir los efectos determinísticos y limitar la probabilidad de los estocásticos limitando las dosis permisibles.
 - 4.2 El Procedimiento para el uso, transporte, almacenamiento y disposición de los insumos químicos utilizados en Radiografía Industrial en Ingecontrol SAC (Anexo 2) que protocoliza la disposición final de los desechos químicos, con la finalidad de evitar daños al medio ambiente en el ámbito de desarrollo de cada proyecto.
 - 4.3 El Manual de Protección Radiológica en Inspections Technologies (Anexo 3) que establece de forma ordenada el requerimiento, operación, manipulación, y acciones de campo en el desarrollo de cada ensayo radiográfico.
 - 4.4 El Procedimiento de Seguridad física en Inspections Technologies (Anexo 4) que describe las medidas de seguridad que deben adoptarse con el fin de salvaguardar la integridad del equipo y/o fuente de radiación para evitar sustracciones o usos indebidos.

RECOMENDACIONES

1. Implementar como actividad académica electiva el tema de los Ensayos No Destructivos, por ser, una herramienta esencial para el control de calidad de materiales, equipos, piezas o parte de estas a nivel industrial en sus diferentes sectores, alimenticio, industrial, salud, etc.
2. Sugerir que se pueda renombrar la denominación de: Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia por Facultad de Ingeniería Química de Procesos Industriales para no restringir el campo de acción a los egresados.
3. Actualización con la parte bibliográfica sobre los códigos, normas, estándares que rigen los ensayos no destructivos en los diferentes sectores industriales y sus respectivas aplicaciones.
4. Sensibilizar a los capítulos de Ingenieros Químicos del Colegio de Ingenieros del Perú y a los directores y decanos de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Química para que objeten los alcances del Art. 11° de Resolución Ministerial N° 341-2018- Vivienda del 5 de octubre del 2018 en mérito a lo cual excluyen a los Ingenieros Químicos de las responsabilidades en proyectos de instalación de gas natural o gas licuado de petróleo. Ello evitará el olvido o exclusión académica y técnica injustificada para que asumamos dichas responsabilidades para lo cual hemos sido preparados y reunimos las competencias correspondientes.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Aguilar, H. Radiaciones Ionizantes: usos, efectos. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos41/radiaciones-ionizantes/radiaciones>
- AIEA. (2015). *Organismo Internacional de Energía Atómica*. Obtenido de Radionúclidos : <https://www.iaea.org/es>
- Andreucci, R. (2016). *Protección Radiológica*. Sao Paulo Brasil: Abendi.
- Armalia, M. (Venezuela, 2017). *La Soldadura*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/mauricoliccioni/soldadura-71110074>
- ASNT Testing, A. S. (2016). Cailificación y certificación de personal en pruebas no destructivas. Columbus, Ohio, EEUU. Obtenido de SNT-TC-1Ainterpretations@ASNT.org
- Asociación Española de Ensayos No Destructivos, A. (2006). *ULTRASONIDOS NIVEL II*. España.
- Avila Rey, M. J., Calvino Casilda, V., & López Peinado, A. (2018). *Introducción a la Radioquímica*. (U. N. Distancia, Ed.) Madrid, España.
- Calidad, I. y. (2003). *Manual de Capacitación Inspección de Soldadura*. México.
- Cerón R., B. (2012). *Dosimetría de Radiaciones Ionizantes OSL*. Ayacucho.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *Química*. China: Mc Graw Hill Educación.
- Echevarría, R. (2002). Defectología. (U. N. Cpmahue, Ed.) Argentina.
- Engineers, T. A. (2017). *V NONDESTRUCTIVE EXAMINATION*. New York - USA.
- EXCY BULK MATERIAL HANDLING. (s.f.). *Definición de Soldadura Industrial*. Obtenido de <https://definicion.mx/soldadura-industrial/>
- FORO, N. (2017). FORO NUCLEAR DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA. *¿Cómo pueden protegerse las personas de la irradiación de una fuente externa?* Madrid, España. Obtenido de <https://www.foronuclear.org/es/100957-faqas-sobre-energia/capitulo-5/115679-70-icom-pueden-protgerse-las-personas-de-la-irradiacion-de-una-fuente-externa>
- FUERZA, A. (2018). *LIQUIDOS PENETRANTES*. (U. n. Colombia, Ed.) Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/28691563/LIQUIDOS-PENETRANTES-1pdf/>
- HERRAMIENTAS, D. M. (2010). *Soldadura*. Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/cuales-son-los-diferentes-tipos-de-soldadura>
- Inc., T. A. (2016). *Recommended Practique SNT-TC-1A*.
- INDURA. (2013). Temas generales de soldadura. 131. Lima, Perú.
- Institute, A. P. (2014). *Welding of Pipelines and Related Facilities*. Washington DC - USA.
- INSTITUTO MEJICANO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS, IMENDE, A. C. (12-16 de marzo de 2018). *Inspección Visual Niveles I y II*. (A. C. IMENDE, Ed.) Obtenido de

<https://www.facebook.com/OficialImendeac/photos/a.565155990251494/1356712684429150/?type=1&theater>

- INTERTEK, Total Quality Assured. (1999). Ensayos No Destructivos por partículas magnéticas. (I. G. pic, Ed.) Bilbao, España. Obtenido de <http://www.intertek.es/ensayos-no-destructivos/particulas-magneticas/>
- José L., P. R. (2007). *Introducción a la Seguridad Radiológica*. México.
- Norma Técnica Colombiana. (2002). *Soldadura de Líneas de Tubería para Transporte de Gas y Petróleo*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Oficina Técnica de la Autoridad Nacional, O. (2009). Requisitos de Seguridad Radiológica en Radiografía Industrial.
- Ortiz M., A. C., & López-Cerón Lara, F. (2018). *Proyecto Fin De Carrera: Base Defectologica De Soldaduras Evaluacion, Caracterizacion E Interpretacion Radiografica De Soldaduras En Materiales METALICOS*. Obtenido de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/283/pfc2625.pdf;sequence=1>
- Pérez, F. (2016). Instrumentos para la detección de las radiaciones ionizantes. *ppt video online*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/10564720/>
- Peruano, E. (05 de 10 de 2018). Resolución Ministerial N° 341-2018-Vivienda. Modifican el Reglamento General de Edificaciones - RNE . *Normas legales*.
- Petróleo, I. A. (2016). *Soldaduras de tuberías en instalaciones relacionadas*.
- Prieto, C. (15 de 08 de 2016). Pelicula Radiografica Rx Industrial. Características de la película radiografica - Características del Revelado de la Imagen Latente. Obtenido de <https://prezi.com/9e9ya4vsptle/pelicula-radiografica-rx-industrial/>
- Radioprotección, S. A. (s.f.). *Curso Seguridad Radiológica de Fuentes Radiactivas*. Argentina.
- Rodriguez G., C. (2012). *Sistema automatizado de detección de defectos en piezas metálicas mediante Ensayos No Destructivos con ultrasonido*. (U. d. Cantabria, Ed.) Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/90838/TesisCRG.pdf>
- SA, I. y. (2003). *Inspección de Soldadura AWS*. México.
- Soldadura, A. C. (2002). *Soldadura de Líneas de Tubería para Transporte de Gas y Petróleo*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- TC TECNICONTRON UNA EMPRESA BUREAU VERITAS. (1999). *Ensayos No Destructivos (END) Convencionales*. Obtenido de TC TECNICONTRON: <http://portal.tc.com.co/tecnicontron/ensayos-no-destructivos/tradicionales>
- UAEH, U. A. (2016). *Radiología*. Obtenido de https://8694c389-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/radiologiauah/procesamiento/procesamiento-de-la-imagen/slide_17.jpg?attachauth=ANoY7cqR9EU8CZzIwfR-6aux9omp_q7cWcnIUdiw04cua_NLeGShp_CM_xIk6OZuDAQUpE59g5plg5_uLLYAsyMzy3yNucEkiQz3OdQ9s5MWLTtzUPvD
- Universidad Tecnológica de Pereira. (12 de 12 de 2015). Ensayos No Destructivos. *Metalografía*. Pereira, Colombia. Obtenido de <http://blog.utp.edu.co/metalografia/16-ensayos-no-destructivos-iv-ut/>

ANEXOS

ANEXO 1. PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA N° IGC-IRG-103.

	PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA	IGC-IRG-103	
		Pag.1 de 17	
		Rev.2	MAR./13

INGECONTROL S.A.C

PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA
DOC. No IGC-IRG-103

TÍTULO DEL PROYECTO	Abastecimiento y construcción de las redes troncales y ramales del sistema de distribución de gas natural en el proyecto de Ica - Perú
CONTRATISTA PRINCIPAL	CONSORCIO GyM – CONCVILES
CONTRATISTA RT	INGECONTROL SAC.
CLIENTE	CONTUGAS
VIGENCIA	Procedimiento válido durante la ejecución del proyecto en la que se realice inspección RT.

2	Z.Huamaní	Ing.H.Medina.	B.Cerón	Mar./13
1	Z.Huamaní	Ing.H.Medina.	B.Cerón	Oct./12
0	Z.Huamaní	Ing.H.Medina.	B.Cerón	May./12
REV No.	Emitido por	Revisado por	Aprobado por	Fecha

APROBADO POR:


 Benilde S. Cerón Rámoa
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

	PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA	IGC-IRG-103	
		Pag.2 de 16	
		Rev.2	MAR./13

1. ALCANCE

Procedimiento aplicable a las actividades de evaluación mediante el Ensayo de Gammagrafía Industrial en sus distintas técnicas establecidas, según Normas vigentes que ejecutará INGECONTROL SAC en el presente proyecto.

2. REFERENCIAS

- IGC-IRG-102 Reglas para manejo y transporte de fuentes radiográficas
- IGC-IRG-106 Procedimiento para operación segura de fuentes radiográficas
- Norma de Seguridad Radiológica IR-001-2009.
- Reglamento Internacional de Transporte de Material Radiactivo – OIEA

3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.

Ingecontrol SAC, verificará el control de calidad de las uniones soldadas mediante el Ensayo de Gammagrafía Industrial, con el uso de equipos autorizados por el ente y las normas vigentes, el radioisótopo requerido para estos casos será el Ir-192, cuya actividad será la necesaria para satisfacer las diversas técnicas aplicadas para dicho fin, sin que ésta sea mayor a 100 Ci.

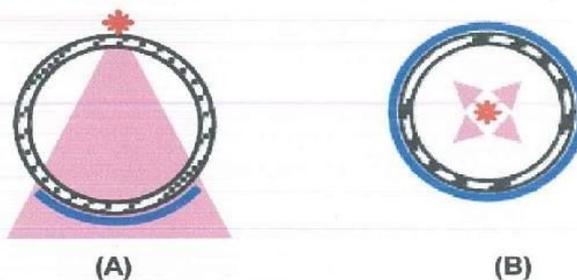
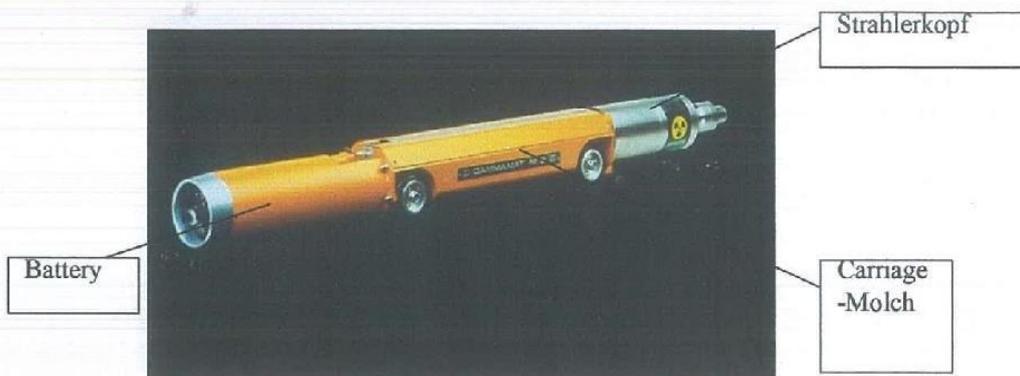


Figura 1. (A). Técnica Pared Doble Imagen Sencilla (DWS/SWV)
(B). Técnica Pared Simple Imagen Sencilla (SWE/SWV)

La técnica de pared doble se aplicará usando un colimador para enfocar y/o direccionar la radiación dispersa hacia el área de interés donde está la película ubicada (Fig. A).


 Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

Bild 1 Ansicht des GammaMat M6 Molches



La técnica de pared simple imagen simple (SW/SWV) se aplicará mediante el uso del equipo semiautomático crawler. Durante estas inspecciones se usará pantalla de plomo en el espesor requerido, las que minimizarán la radiación dispersa asegurando así, la tasa de dosis establecido por el reglamento de protección radiológica. Apéndice 02.

4. EQUIPO DE MONITOREO PERSONAL

Durante la labor cada personal Ocupacionalmente Expuesto, contará con dosímetros personales de lectura directa y/o diferida, cuyas lecturas de dosis deberán estar registradas a diario para el control y reporte correspondiente.



Figura 4. Dosímetros de lectura directa


Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A, Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.



Figura 5. Medición de radiación

Cada grupo de trabajo contará con un dispositivo medidor de radiación.

5. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL EQUIPO

a. Transporte terrestre

El equipo de rayos gamma estará debidamente fijada a la parte posterior del vehículo dentro de una caja metálica acondicionada para tal fin, obedeciendo a lo estipulado por las normas vigentes.

El personal encargado del transporte deberá estar acreditado y contar con un medidor de radiación cuantificable.

Las actividades de transporte se deben realizar de acuerdo con el procedimiento IGC-IRG -102 Reglas para manejo y transporte de fuentes radiográficas.

El área de ubicación de la fuente se debe identificar con señales de advertencia y la caja que contiene la fuente estará etiquetada con el símbolo de radiación.



Figure 7. Etiqueta de la caja que contiene la fuente.

Benilde S. Gerón Ramos
Benilde S. Gerón Ramos
Oficial de Protección Radiológica - RT
SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
INGECONTROL S.A.C.

b. Almacenamiento en el sitio de trabajo

El equipo se debe almacenar en el sitio de trabajo dentro de una caja metálica o en un búnker (ver Apéndice 3).
 Ingecontrol S.A.C. ubicará señales de advertencia donde se almacene el equipo radiográfico. Esto se debe hacer de acuerdo con el procedimiento IGC-IRG- 102 Reglas para manejo y transporte de fuentes radiográficas.

6. ÁREA RESTRINGIDA

Para realizar un trabajo seguro se requiere la participación de todo el personal. Se restringirá al acceso de la gente no involucrada en la labor antes y durante el ensayo, mediante la delimitación y señalización del área y/o zona de trabajo de acuerdo a la tasa de dosis establecida en el reglamento de seguridad radiológica.

7. PLAN DE EMERGENCIA

Un caso de emergencia debe ser confrontado por el personal de acuerdo con IGC-IRG-102. Los pasos a seguir durante un evento de emergencia se describen a continuación.

Una situación de emergencia ocurre cuando la fuente sale del contenedor en un momento diferente al de exposición.

La fuente radiactiva está contenida en una pequeña cápsula conectada a un cable metálico que es parte del mecanismo de control. La probabilidad de contaminación por material radiactivo disperso es nula debido a que el isótopo radiactivo viene encapsulado y la mayoría de accidentes conocidos han sido causados por desconexión de la fuente.

Para minimizar el riesgo de desconexión de la fuente se verifica mensualmente el mecanismo de control usando un calibrador "Galga".

En caso de una emergencia se deben seguir estos pasos:

- El personal de Ingecontrol S.A.C. informara por el medio correspondiente para coordinar las tareas y acciones.
- El personal de Ingecontrol S.A.C. Debe mantenerse alejado del área de exposición previniendo que cualquier persona se acerque. El Director de HSE debe ser informado sobre la emergencia para desplazar ordenadamente el personal a una zona blindada o tan lejos como sea posible del área de exposición.


Benilde S. Carón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

- Dependiendo de la ubicación de la fuente, el personal de radiografía debe definir un modo para reintroducir la fuente en el contenedor.
- El tiempo de exposición a la que se está expuesto se deberá distribuir con acciones entre todos los operadores que realicen la labor de rescate:
 - Ubicación estratégica del contenedor de la fuente.
 - Leve agitación del tubo de la fuente, usando una pinza mecánica, para que la fuente salga a un lugar visible detrás de sacos de arena.
- El personal que realice actividades de rescate de la fuente debe medir las cantidades de radiación recibidas con su dosímetro y reportar estas cantidades al responsable (OPR) de Ingecontrol S.A.C. para establecer si se han excedido los límites permisibles de radiación.
- Los límites de exposición referenciados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) Publ. 60 son:

APLICACIÓN	OCUPACIONAL	PÚBLICA
DOSIS EQUIVALENTE	20 mSv por año*	1 mSv por año**

* Como un promedio de un período de 5 años sin exceder 50 mSv en un solo año.

** Como un promedio de un período de 5 años. Sólo casos muy especiales pueden alcanzar 50 mSv en un año.

Notificación: Ingecontrol S.A.C. debe notificar y registrar cualquier emergencia radiológica, enviando un reporte del incidente a la autoridad competente en el menor plazo posible.

8. PLAN DE CONTINGENCIA

Ver Apéndice 1.

9. MANIPULACIÓN DE REMANENTES RADIOACTIVOS Y QUÍMICOS

- Cuando una fuente radiactiva decae, Ingecontrol S.A.C. debe retornarla al proveedor quien debe re-exportarla al fabricante para disposición final.
- La disposición de químicos líquidos y remanentes deben cumplir con el procedimiento IGC-IRG-104 Procedimiento para uso, transporte, almacenamiento y disposición de químicos de radiografía.


 Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

10. RESPONSABILIDADES

La responsabilidad de protegerse contra la radiación ionizante recae directamente sobre los operadores del equipo, toda vez que cuentan con los equipos y dispositivos para tal fin.

11. FORMATOS

- Registro de dosis diaria de radiación.
- Registro de dosis mensual de radiación.
- Registro de monitoreo de radiación; equipo, bunker.


Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

	PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA	IGC-IRG-103	
		Pag.10 de 16	
		Rev.2	MAR./13

4.1. Fuego.

Después de controlar el fuego, el equipo debe ser monitoreado para verificar la integridad. En caso de una pérdida de integridad, se debe hacer lo siguiente:

- Evacuar y cercar el área.
- Comunicar al Supervisor de Ingecontrol S.A.C.
- Monitorear y determinar posibles áreas contaminadas.
- Cubrir posibles áreas contaminadas con láminas y/o granalla de plomo. Si es necesario, usar una pinza mecánica.
- En caso de que se exponga la fuente, tratar de recuperarla usando una pinza mecánica y ubicándola en la pantalla de recuperación.
- Si no es posible recuperar la fuente, restringir el área al límite donde la lectura del monitor es 7,5 $\mu\text{Sv/h}$ y comunicar al IPEN.
- Enviar dosímetros a Control Nuclear solicitando una lectura de emergencia.

4.2 Pérdida o Hurto de la Fuente.

La pérdida o hurto de la fuente se debe comunicar al Supervisor como se estableció previamente. El Supervisor comunicará la situación inmediatamente al personal responsable por la seguridad, la policía y el IPEN.

4.3 Obstrucción de la Fuente.

En caso de obstrucción de la fuente, proceder de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

4.4 La Fuente se Sale del Canal.

En caso de que la fuente se salga del canal y caiga fuera de la pantalla externa y el colimador, se debe hacer lo siguiente:

- Evacuar y cercar el área.
- Comunicar al Supervisor de Ingecontrol S.A.C, al número telefónico 01-2223301.
- Monitorear y determinar el área de ubicación de la fuente.
- Cubrir el área de ubicación de la fuente con láminas y/o granalla de plomo. Si es necesario, usar una telepinza.
- Retraer el cable.
- Desconectar el tubo del equipo.


 Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

 Ingecontrol <small>THE TESTING COMPANY</small>	PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA		IGC-IRG-103	
			Pag.11 de 16	
		Rev.2	MAR./13	

- Tomarlo por el extremo usando una tele pinza y dejar caer la fuente en el contenedor de plomo.
- Monitorear continuamente durante la operación del equipo gammagráfico.
- En caso de que la fuente no caiga, cubrirla con granalla y/o láminas de plomo y comunicar al Supervisor.
- Enviar los dosímetros a Control solicitando una lectura de emergencia.

4.5 Caída de la Fuente.

En general el procedimiento a seguir en una situación de accidente de la fuente es:

- Permanecer en calma.
- No tratar de retraer el cable para recuperación de la fuente.
- Monitorear el área.
- Cubrir el área de ubicación de la fuente con láminas y/o granalla de plomo, si es necesario, usar una telepinza.
- Retraer el cable.
- Desconectar el tubo del equipo.
- Restringir el perímetro del área de accidente.
- Comunicar al personal a cargo de Ingecontrol S.A.C.
- Coordinar y planificar el método de recuperación más conveniente de la fuente.
- Si la fuente no se puede recuperar, comunicar al IPEN.

4.2 Comunicaciones al IPEN.

4.2.1 Registro de Servicios de Radiografía Industrial

El IPEN debe ser informado sobre todas las actividades realizadas con el equipo de gammagrafía.

4.2.2 Situación de Emergencia.

Todas las situaciones de emergencia se deben comunicar inmediatamente al IPEN por teléfono, fax y correo electrónico. Esta comunicación debe ser hecha exclusivamente por el Supervisor de Radio protección de Ingecontrol S.A.C. Se enviarán reportes detallados, incluyendo las estimaciones de dosis al público, en los términos establecidos por las normas del IPEN.


Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

4.3 Equipo y/o Kit de Emergencia.

Debe haber un equipo de emergencia y/o contingencia en cada grupo de trabajo para ser usada durante una posible situación de emergencia la que incluirá:

- 1 telepinza de rescate con una longitud mínima de 1,5 m.
- 1 cizalla.
- Dosímetro de lectura directa o diferida.
- Contenedor de plomo.
- 2 bolsas de granalla de plomo y/o plancha de plomo.
- 1 detector de radiación Geiger Müller.


Benilde S. Cerón Ramos
Oficial de Protección Radiológica - RT
SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
INGECONTROL S.A.C.

APÉNDICE 2

PLAN DE ATENUACION DE LA RADIACION DISPERSA DURANTE LAS INSPECCIONES GAMMAGRAFICAS(aplicable a zona urbana).

1. OBJETIVO.

El presente plan tiene por finalidad reducir/atenuar la radiación dispersa durante las inspecciones gammagraficas.

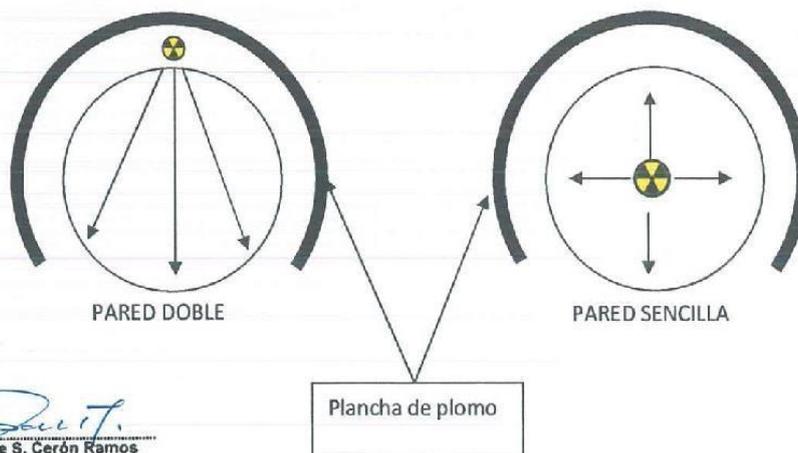
2. PROCEDIMIENTO.

Durante las inspecciones gammagraficas se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Señalización del área de trabajo de acuerdo al cálculo de la tasa de dosis mínima permisible tabla 01.
- Uso permanente del colimador/blindaje; durante las inspecciones radiográficas, en el caso del crawler el blindaje en mención es parte del equipo.
- Adicionalmente se tendrá en cuenta el uso de láminas de plomo en forma de media luna, las cuales se ubicarán por encima del cordón de soldadura.

$$I_x = I_0 e^{-\mu x}$$

$$\text{Tasa de dosis} = \frac{\gamma A}{D^2}$$



EJEMPLO DE CÁLCULOS.

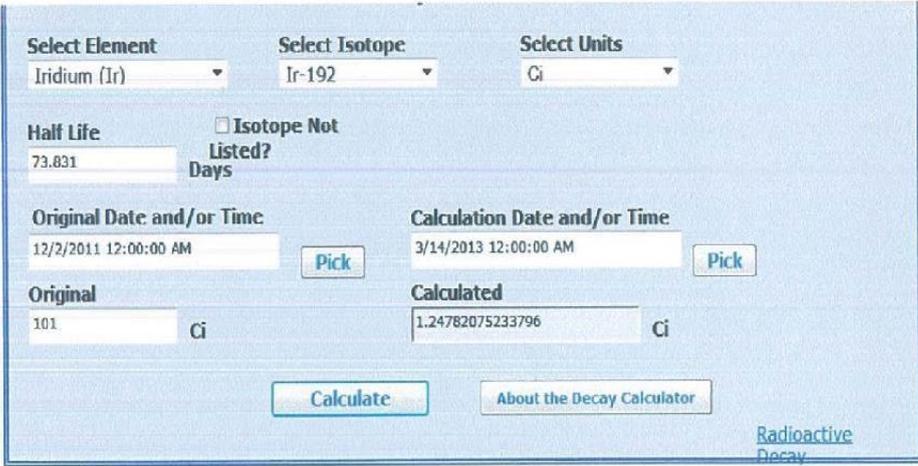
Tiempo de exposición a diferentes actividades y técnicas de aplicación:

Diámetro : 8"
Espesor : 11.13 mm

Actividad (Ci)	Tiempo de exposición (s)	
	Pared simple SWE/SWV	Pared doble DWS/SWV
2	2 m 30 s	17 m 44 s
5	60 s	7 m 6 s
10	30 s	3 m 33 s
15	20 s	2 m 22 s
20	15 s	1 m 46 s

Uso del Programa **RAD PRO CALCULATOR**.

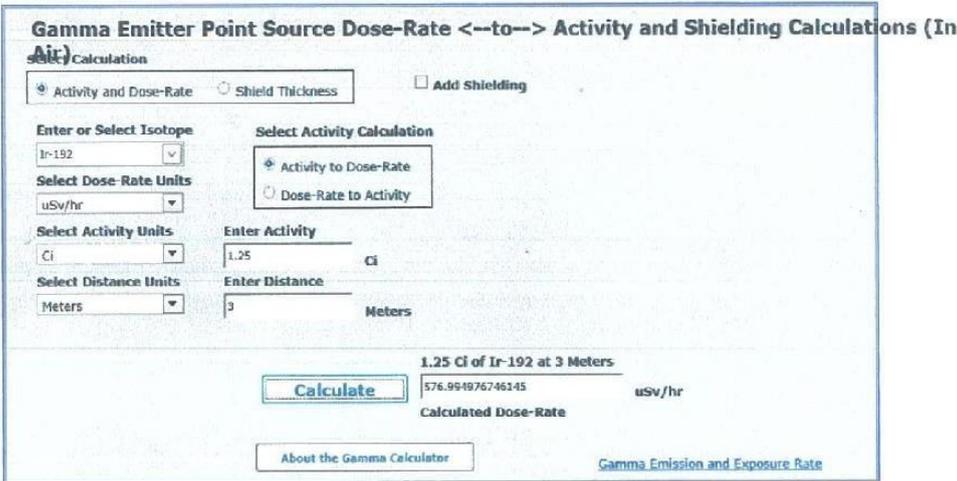
1. Cálculo de la Actividad Actual de la Fuente: SK2904



Por lo tanto la actividad actual de la fuente es de **1.25 Ci**


Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

2. Cálculo de la Tasa de Dosis sin Blindaje.



Gamma Emitter Point Source Dose-Rate <--to--> Activity and Shielding Calculations (In Air)

Select Calculation: Activity and Dose-Rate Shield Thickness Add Shielding

Enter or Select Isotope: Ir-192

Select Dose-Rate Units: uSv/hr

Select Activity Units: Ci

Select Distance Units: Meters

Select Activity Calculation: Activity to Dose-Rate Dose-Rate to Activity

Enter Activity: 1.25 Ci

Enter Distance: 3 Meters

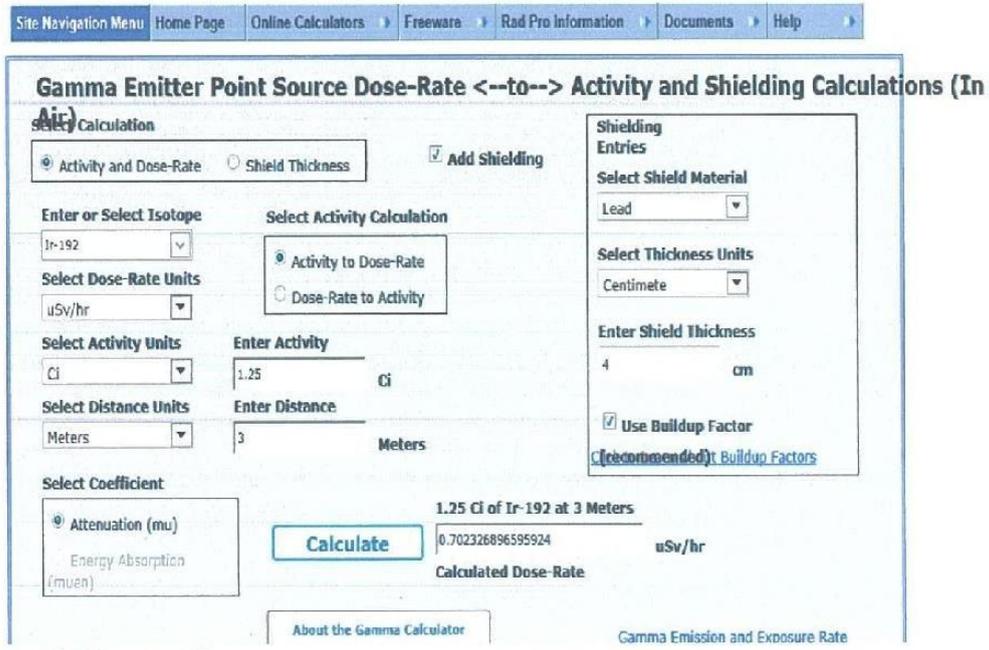
Calculate

1.25 Ci of Ir-192 at 3 Meters
576.994976746145 uSv/hr
Calculated Dose-Rate

About the Gamma Calculator [Gamma Emission and Exposure Rate](#)

La tasa de dosis encontrada sin blindaje para una fuente Ir-192 de 1.25 Ci a 3 metros de distancia es de 577 μ Sv/hora.

3. Cálculo de Dosis con Blindaje.



Site Navigation Menu Home Page Online Calculators Freeware Rad Pro Information Documents Help

Gamma Emitter Point Source Dose-Rate <--to--> Activity and Shielding Calculations (In Air)

Select Calculation: Activity and Dose-Rate Shield Thickness Add Shielding

Enter or Select Isotope: Ir-192

Select Dose-Rate Units: uSv/hr

Select Activity Units: Ci

Select Distance Units: Meters

Select Activity Calculation: Activity to Dose-Rate Dose-Rate to Activity

Enter Activity: 1.25 Ci

Enter Distance: 3 Meters

Shielding Entries

Select Shield Material: Lead

Select Thickness Units: Centimete

Enter Shield Thickness: 4 cm

Use Buildup Factor [\(recommended\) Buildup Factors](#)

Select Coefficient: Attenuation (μ) Energy Absorption (μ en)

Calculate

1.25 Ci of Ir-192 at 3 Meters
0.702326896595924 uSv/hr
Calculated Dose-Rate

About the Gamma Calculator [Gamma Emission and Exposure Rate](#)


Benilde S. Cerón Ramos
Oficial de Protección Radiológica - RT
SNT-TC-1A, Nivel II RT, PT, UT
INGECONTROL S.A.C.

 Ingecontrol <small>THE TESTING COMPANY</small>	PLAN DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA	IGC-IRG-103	
		Pag.16 de 16	
		Rev.2	MAR./13

Según los datos obtenidos, se demuestra que la tasa de dosis para una fuente de Ir-192 con una actividad de 1.25 Ci a una distancia de 3 metros y con blindaje de plomo de 4cm de espesor es de 0.70 µSv/hora.

Cabe acotar, que en éstos cálculos no se ha considerado la atenuación de la ½" de espesor del ducto (acero al carbono), cuyo espesor actuará a favor nuestro, reduciendo aún más la lectura de dosis.

DOSIS LÍMITE AL PÚBLICO

Límite anual 1000 µSv.

Se trabajara un mes (30 días) diario 8 horas.

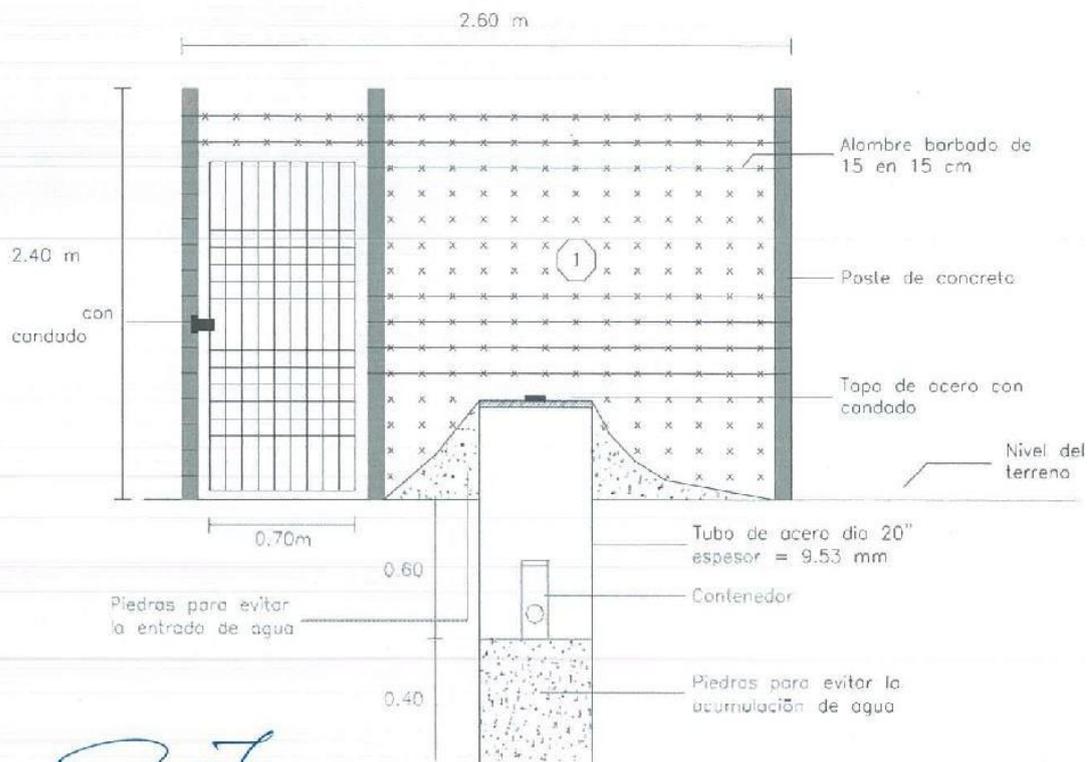
Tasa de dosis permitida al público $1000 \div 30 \times 8 = 4.1 \mu\text{Sv/hora}$.

Pasos a seguir:

1. Firma de ATS.
2. Señalización, delimitación de área de trabajo.
3. Armado del equipo Crawler con sus accesorios, colocación del mismo dentro de la tubería de prueba.
4. Colocación de las láminas de plomo en la junta de soldadura.
5. Inicio de la toma radiográfica, monitoreo.
6. Fin de prueba gramagráfica.
7. Dessamblado de equipo-accesorios; retorno al bunker de seguridad.


Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

APÉNDICE 3 (Búnker) BUNKER




Benilde S. Cerón Ramos
 Oficial de Protección Radiológica - RT
 SNT-TC-1A Nivel II RT, PT, UT
 INGECONTROL S.A.C.

ANEXO 2. PROCEDIMIENTO PARA EL USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA N° IGC-IRG-104.

	PROCEDIMIENTO PARA EL USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA	IGC-IRG-104	
		Pag.1 de 8	
		Rev. 0	May./12

INGECONTROL S.A.C.

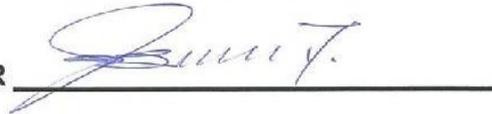
PROCEDIMIENTO PARA EL USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA

TÍTULO DEL PROYECTO:	1760-Red de Gas-Contugas
CONTRATISTA PRINCIPAL:	Consortio GYM Conciviles
CONTRATISTA DE RT:	INGECONTROL S.A.C.
CLIENTE:	CONTUGAS
VIGENCIA:	Este procedimiento será válido durante este proyecto cuando se requiera inspección RT por parte del cliente.

DOC. No: IGC-IRG-104

0	Bach. Z.Huamaní	Ing.H.Medina	Bach. B. Cerón	May./12
REV No.	EMITIDO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA

APROBADO POR



ÍNDICE

1.	OBJETIVO	3
2.	ALCANCE	3
3.	REFERENCIAS	3
4.	RESPONSABILIDADES	3
5.	PROCEDIMIENTO	3
5.1	ETIQUETADO	3
5.2	QUÍMICOS EXPIRADOS	4
5.3	TRANSPORTE	4
5.4	ALMACENAMIENTO	4
5.5	PROTECCIÓN PERSONAL	5
5.6	CONDICIONES DEL LUGAR DE TRABAJO	5
5.7	USO	5
5.8	PLAN DE CONTINGENCIA	6
5.9	DISPOSICIÓN FINAL	8
5.10	ENTRENAMIENTO	8
6.	FORMATOS	8

	PROCEDIMIENTO PARA EL USO,	IGC-IRG-104	
	TRANSPORTE,ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN	Pag.3 de 8	
	DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA	Rev. 0	May./12

1. OBJETIVO

Establecer las condiciones necesarias para protección de la integridad de los usuarios de los químicos de radiografía y el ambiente durante el desarrollo del ensayo.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todos los químicos usados durante el revelado de radiografías en la sede central o en campo, e incluye su almacenamiento y disposición.

3. REFERENCIAS

- IGC-IRG-101 Examinación Radiográfica
- Hojas de productos químicos
- 3087-H-PR 1000019 Transportation and Management of Dangerous Goods

4. RESPONSABILIDADES

La correcta utilización de este procedimiento es responsabilidad de todo el personal operativo y no operativo que manipule, almacene y utilice los químicos de radiografía, incluyendo: Inspectores de Radiografía calificados Nivel I, II y III y personal de almacén. La Vicepresidencia Operativa es responsable por la implantación y control de este procedimiento.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Etiquetado

Los contenedores de químicos para radiografía (revelador y fijador) deben tener una etiqueta de identificación en perfecto estado para evitar mala manipulación. Está prohibido usar cualquier químico que se encuentre en contenedores no identificados. Los contenedores y su contenido se deben remover del proyecto y enviar a HSE para desecho final mediante una compañía de servicios de disposición de desechos.

5.2 Químicos Expirados

Los químicos para radiografía que no se hayan usado antes de su fecha de expiración se deben remover del proyecto y tratar como productos químicos no identificados.

	PROCEDIMIENTO PARA EL USO,	IGC-IRG-104	
	TRANSPORTE,ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN	Pag.4 de 8	
	DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA	Rev. 0	May./12

5.3 Transporte

Los químicos para radiografía se deben transportar en cajas separadas etiquetadas apropiadamente. Estos químicos se deben transportar únicamente en vehículos de carga.

Durante el transporte se debe garantizar que los químicos no sean golpeados, abiertos, ingeridos o ubicados cerca de productos inflamables y/o explosivos. Los químicos no se deben exponer a la luz solar directa para evitar cualquier posibilidad de deterioro.

Los contenedores se deben transportar en el empaque original suministrado por el proveedor o fabricante.

El transporte debe cumplir con la Norma 3087-H-PR 1000019 Transportation and Management of Dangerous Goods and Ley No. 28256, la cual regula el transporte terrestre de materiales peligrosos y desechos.

5.4 Almacenamiento

Los químicos de radiografía se deben almacenar en un cuarto fresco protegido de la luz solar directa.

Los químicos se deben almacenar y etiquetar de acuerdo con su tipo y clasificación de peligro. La hoja de seguridad (MSDS) para cada químico debe estar disponible.

Los químicos y los desechos se deben mantener en sus lugares asignados. Se debe evitar la manipulación de químicos y desechos fuera de su lugar asignado.

5.5 Protección Personal

En caso de poca ventilación es obligatorio usar máscaras protectoras contra los vapores químicos para evitar la inhalación de gases tóxicos. Vale la pena aclarar que la selección de la protección respiratoria requiere conocimiento de los niveles máximos permisibles de mezcla total (TLVs/TWAs); sin embargo los químicos se manipulan normalmente como soluciones en cantidades pequeñas y consecuentemente su efecto se puede contrarrestar usando máscaras.

El personal encargado de ejecutar el ensayo debe utilizar elementos de protección personal adicionales como gafas de seguridad o caretas

	PROCEDIMIENTO PARA EL USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA	IGC-IRG-104	
		Pag. 5 de 8	
		Rev. 0	May./12

plásticas para evitar el contacto con los ojos y la cara, guantes de nitrilo calibre superior a 0,3 mm, y guantes resistentes a químicos para evitar el contacto con la piel.

Después de usar los químicos se deben lavar cuidadosamente manos y cara antes de ingerir alimentos o bebidas, los cuales no se deben consumir en el lugar de trabajo.

5.6 Condiciones del Lugar de Trabajo

- El laboratorio debe estar diseñado para permitir una limpieza fácil.
- La ventilación debe ser buena principalmente a nivel del suelo (el caudal de aire exterior debe ser de 3 litros/segundo por m³).
- El aire no debe ser recirculado.

5.7 Uso

El personal encargado del revelado no debe utilizar los químicos para actividades diferentes al revelado, ni mezclarlos. Cuando no se esté revelando, los tanques de revelado deben permanecer tapados para evitar la evaporación.

La siguiente tabla muestra los límites permisibles de exposición para cada químico de revelado usado por Ingecontrol S.A.C.:

Químico	Límite Permissible (TLV/TWA)	Límite Máximo para Exposiciones Cortas (TLV-STEL)
Hidroquinona	2 mg/m ³	-
Pirazolidina y derivados	0,2 mg/m ³ (Sugerido por Kodak)	-
Ácido acético	10 ppm	15 ppm
Glicol	10 mg/m ³	-
Bisulfito de sodio	5 mg/m ³	-
Sulfato de aluminio	2 mg/m ³ como aluminio elemental en la sal soluble	-
Ácido sulfúrico	1 mg/m ³	3 mg/m ³

No se han establecido límites permisibles de exposición para el sulfito de amonio, sulfito de potasio, tiosulfato de amonio, carbonato de potasio y bisulfito de amonio.

Es de notar que sulfitos y bisulfitos pueden descomponerse lentamente en solución o por acción de los ácidos produciendo dióxido de azufre que es un irritante de las vías respiratorias. El límite permisible de exposición (TWA) del dióxido de azufre es 2 ppm y el límite máximo para exposiciones cortas (STEL) es 5 ppm.

De igual manera cuando los productos contienen sales de amonio (revisar la composición de los productos usados) estas sales pueden descomponerse por acción de los ácidos formando vapores de amoníaco. En este caso los límites permisibles de exposición son: TLV-TWA 25 ppm, y TLV-STEL: 35 ppm.

5.8 Plan de Contingencia

Salud: No se necesitan procedimientos manuales especiales para usar estos químicos. Sin embargo es necesario usar los elementos de protección personal para evitar posibles lesiones debido al uso de los químicos.

En caso de provocarse intoxicación, siga las siguientes instrucciones:

Vía respiratoria: Aléjese del sitio y solicite ayuda. Si presenta irritación en las vías respiratorias o quemaduras, aplique abundante agua y evite encender fósforos, cigarrillos y otras fuentes de calor. Si se

	PROCEDIMIENTO PARA EL USO,	IGC-IRG-104
	TRANSPORTE,ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN	Pag.7 de 8
	DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA	Rev. 0 May./12

presenta paro respiratorio dé respiración de salvamento utilizando protectores y traslade de inmediato a un centro asistencial.

A través de la piel: Coloque la parte afectada cubierta aún con la ropa debajo del chorro de agua para eliminar la sustancia tóxica, retire la ropa y continúe bañando con abundante agua y jabón. Si hay lesión trátela como una quemadura, cubriéndola con apósito húmedo en solución salina y dirijase de inmediato a un centro asistencial.

Vía digestiva: No induzca el vómito. Controle la respiración. Si hay paro respiratorio o cardíaco aplique respiración de salvamento o reanimación cardiopulmonar. Si presenta quemaduras en los labios, aplique abundante agua y traslade la víctima a un centro asistencial.

En los ojos: Separe suavemente los párpados y lave con agua corriente, mínimo durante quince (15) minutos, cubra los ojos con una gasa o tela limpia, sin hacer presión, remita al oftalmólogo.

Ambiente: En caso de derrames en suelos o pequeñas fuentes de agua, en lo posible se deben recoger con material absorbente y recolectar los residuos en bolsas amarillas resistentes a los químicos o con etiqueta amarilla para su disposición final, de acuerdo con los procedimientos del cliente y las compañías especializadas de recolección de desechos químicos.

Los químicos desechados no deben ser vertidos en los sifones y drenajes sino almacenados en recipientes temporales previamente asignados hasta su disposición final.

5.9 Disposición Final

Una vez su vida útil haya finalizado, los productos químicos y sus contenedores se deben almacenar temporalmente y posteriormente entregar a una compañía de servicios de disposición de desechos para recolección, transporte, neutralización y/o disposición final.

Cada proyecto en coordinación con la dirección de HSE debe definir el laboratorio que hará el procesamiento y disposición final de los químicos desechados del proceso de revelado de placas radiográficas.

	PROCEDIMIENTO PARA EL USO, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE QUÍMICOS PARA RADIOGRAFÍA	IGC-IRG-104	
		Pag. 8 de 8	
		Rev. 0	May./12

Los desechos se deben entregar periódicamente a la compañía de servicios de disposición de desechos o al laboratorio. También debe haber control de las cantidades y los registros de transporte de desechos peligrosos.

5.10 Entrenamiento

El personal a cargo de manipular todos los químicos usados durante el revelado de películas radiográficas en la sede central o en campo debe estar entrenado y sensibilizado apropiadamente.

6. FORMATOS

Formatos acordados por el Cliente e Ingecontrol. Hojas de productos químicos.

ANEXO 3. MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA NIT-MPR-002.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 1 de 35

MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA

Control de Revisiones		
Nº de Revisión	Fecha Emision	Modificaciones al Documento

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Fecha	01 – 03- 18	03 -03 - 18	04 -03 - 18
Nombre Cargo	Antonio Carbajal P. <i>Oficial de Protección Radiológica</i>	Benilde Cerón Ramos. <i>Encargado de Seguridad Física y Radiológica</i>	Luis A. Carbajal P. <i>Gerente General</i>
Sello Firma			

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 2 de 35

INDICE

I.- INTRODUCCIÓN.	3
II.- OBJETIVOS.	4
III.- ALCANCES.	4
IV.- DESCRIPCIÓN Y DEFINICIONES.	5
4.1 Clasificación Radiológica.	5
4.2 Determinación de Límites y Niveles.	5
Límites Operacionales.	5
Niveles de Referencia.	5
4.3 Responsabilidad en la Seguridad de las Fuentes.	6
4.4 Gestión de Seguridad.	7
4.5 Protección y/o Vigilancia Radiológica.	8
De Las Zonas de Trabajo.	10
De las Personas.	11
Vigilancia a Sobreexposiciones.	11
Procedimiento.	11
Instrumentación, evaluación de dosis.	12
Criterios de Evaluación.	12
Métodos de Cálculo.	12
4.6 Requisitos En El Transporte de Fuente Radiológico.	13
Terrestre, Aéreo, Acuático.	14
Accidentes.	15
4.7 Requerimientos Operacionales.	15
4.8 Programa de Mantenimiento y Calibración.	16
4.9 Situaciones de Emergencia.	17
4.9.1 Incendio	17
4.9.2 Inundación	17
4.9.3 Robo / Extravío	17
4.9.4 Contaminación	18

ANEXOS

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 3 de 35

INTRODUCCIÓN

La protección radiológica es una disciplina fundamentada en juicios científicos y sociales que tiene como principio proveer al ser humano de un adecuado sistema de protección, sin limitar los beneficios prácticos que se obtienen por el manejo de las fuentes de radiaciones ionizantes.

Por lo tanto, el presente documento forma parte del Plan de Seguridad Radiológica establecido por NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC (**NIT**), en relación con sus actividades radiactivas dirigidas a la parte industrial, y cuya aplicación es de carácter obligatorio para todo el personal inmerso en él.

La intención de este plan, es el de establecer y desarrollar conceptos generales de Seguridad y Protección Radiológica; los criterios establecidos en la presente, dan las herramientas que usará el personal de gammagrafía industrial, basándose en la normativa nacional disponible y vigente para instalaciones de actividad con fuentes radioactivas.

Por tal manera nuestra empresa está comprometida con la seguridad tanto del personal y de las personas ajenas a este servicio, el cual busca brindar un servicio de calidad comprometidos con la sociedad, al ver que en estos últimos años se presentaron accidentes en los cuales tuvieron consecuencias en perjuicio de personas involucradas y personas ajenas al servicio,


 Benilde Ceron Ramos
ING. NIVEL V - P. 10/01/02

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 4 de 35

II. OBJETIVOS.-

Los objetivos de la protección radiológica son:

- A) Evitar la aparición de los efectos determinísticos.
- B) Limitar la probabilidad de aparición de los efectos estocásticos a valores que se consideren aceptables.

III. ALCANCES.-

Este manual es una herramienta que nos permitirá en casos extremos, responder de manera oportuna, eficiente y segura; teniendo en cuenta que éste tendrá éxito si se logra la coordinación de esfuerzos y acciones de las personas inmersas en el plan, y será nuestra mejor opción para:

1. Administrar, coordinar y optimizar los recursos disponibles para asistir a las personas afectadas.
2. Ejecutar acciones estratégicas de prevención, mitigación y respuesta a corto, mediano y largo plazo.
3. Establecer una capacidad de respuesta organizada ante una respuesta de emergencia radiológica.
4. Determinar una estructura organizativa permanente.
5. Establecer responsabilidades de las personas involucradas.
6. Reducir el riesgo o mitigar las consecuencias del accidente.
7. Prevenir los efectos determinísticos graves en la salud, mediante toma de medidas previas o poco después de la exposición manteniendo las dosis individuales.
8. Reducir el riesgo de efectos estocásticos para la salud tanto como sea razonable, con la implementación de acciones que protejan y mantengan las dosis debajo de los niveles establecidos.

IV. DESCRIPCIONES Y DEFINICIONES.-

Emergencia.

Situación ó suceso imprevisto en el que existe un riesgo real ó potencial de exposición a radiaciones ionizantes de personas, la clasificamos en:

Incidente: Emergencia en la que el riesgo de exposición es BAJO, y no existe la posibilidad de superar los límites legales de exposición.

Accidente: Emergencia en la que el riesgo de exposición es ALTO, existiendo así, la posibilidad de superar los límites legales de exposición.

4.1 CLASIFICACION RADIOLOGICA

En este, se presenta información respecto de la clasificación, con fines de protección radiológica, de las personas, de las zonas y de los accesos; se

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 5 de 35

informa, además, los valores adoptados para los límites operacionales y los niveles de referencia.

a) De las personas.

Las personas que desarrollen habitualmente sus labores en la instalación.

b) De las zonas.

Se indica, en un plano o diagrama la instalación, la clasificación de las zonas con fines de protección radiológica, de acuerdo al nivel de dosis anual esperado y al tipo de radiaciones existente.

c) De los accesos.

Se indica, en un plano o diagrama de la instalación, la clasificación y señalización con fines de protección radiológica de todos los accesos de la instalación.

4.2 DETERMINACION DE LÍMITES Y NIVELES.

De los límites operacionales.

Incluimos una estimación de los valores operacionales de dosis equivalente y de concentraciones radiactivas para todas las zonas de la instalación.

De los niveles de referencia.

Se especifica los niveles de referencia que se utilizará para exposición, dosis equivalente o concentraciones radiactivas, según corresponda, en todas las zonas de la instalación.

4.3 RESPONSABILIDAD EN LA SEGURIDAD DE LAS FUENTES.

Para el almacenamiento en instalaciones abiertas, el OPR en conjunto con el ingeniero de Seguridad de la Obra, deberán establecer un lugar y/o recinto para instalar el Bunker que satisfaga los siguientes requisitos:

1. Área normalmente no ocupada por personas, sin embargo bajo control de instalación.
2. Proveer de un pozo de almacenamiento bajo el subsuelo con tapa de hierro y con cerradura, dicho pozo deberá tener una profundidad aproximada de 1 metro, evitando en lo posible la entrada y acumulación de agua para cuyo fin la entrada del pozo estará 15 cm sobre el nivel del suelo, y su base forrada con una capa de cascajo de 40 cm aproximadamente.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 6 de 35

3. El pozo debe estar aislado por una cerca alta de 2.40 m de alto y con dimensiones de 2.60 x 2.60 m. esta cerca debe ser de material resistente, con un acceso asegurado y de preferencia con techo. Las paredes laterales de la cerca y de la tapa del pozo deben estar señalizadas con el símbolo internacional de la presencia de radiación ionizante; así mismo próximo a la puerta de la cerca deberá colocarse
4. un cartel con la información de la empresa, y las autoridades competentes.
5. El bunker debe utilizarse exclusivamente para almacenar y guardar la fuente radioactiva, estando prohibido dejarlo expuesto a materiales y productos peligrosos como inflamables, químicos, tóxicos, etc.
6. Las llaves de los seguros deben quedar bajo cuidado del OPR.
7. Los niveles de radiación del lado externo de las cercas del bunker deben asegurar que el local sea considerado como área libre (≤ 0.1 mSv/h)
8. La OTAN – IPEN deberán ser informados del local de almacenamiento, siendo esta un registro de la instalación abierta.
9. El OPR, deberá levantar un informe radiométrico del bunker, y el registro de cada vez que se realice un cambio de fuente radiactiva

NOTA. En caso de intervenciones de duración corta y en el supuesto que no se cuente con un bunker de seguridad con las características descritas, el OPR y el supervisor de Obra del contratista podrán autorizar al responsable del área abierta a almacenar la fuente dentro de una caja de transporte del vehículo acondicionado para dicho fin; la misma que deberá permanecer aislada, monitoreada y con vigilancia permanente.

4.4 GESTIÓN DE LA SEGURIDAD.

Considerando instalación fija aquellos recintos blindados donde se efectúen actividades de gammagrafía industrial.

Bunker, es todo aquél recinto cerrado y construido para contener la radiación ionizante y proporcionar suficiente protección a las personas en las zonas continuas.

En estas instalaciones el puesto de control estará situado en el exterior del recinto blindado.

El diseño de estas instalaciones incluye consideraciones sobre blindaje, accesos, enclaves de seguridad, monitor de radiación, señalizaciones y alarmas con el único objetivo de dar cumplimiento a lo establecido por el Reglamento de Protección Radiológica.

Para el diseño del blindaje se deberá considerar lo siguiente:

- Condiciones máximas de funcionamiento – actividad máxima.
- Dirección del haz directo para el cálculo de la barrera primaria.
- Radiación dispersa y de fuga para el cálculo de la barrera secundaria.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 7 de 35

- Penetraciones, puertas o accesos, disposición del blindaje y otras características del diseño, que puedan suponer fugas de radiación.

El diseño de estos recintos, nos proporcionará seguridad en:

- La zona exterior al recinto blindado sea una zona vigilada o de libre acceso.
- En el supuesto que la zona exterior al recinto blindado sea una zona de libre acceso y fuera propiedad del titular de la instalación, la tasa de dosis en la superficie exterior al recinto no debe superar 2.5 $\mu\text{Sv/h}$. Si la zona circundante al recinto blindado está dentro de la propiedad del titular, éste podrá definir la zona vigilada o de libre acceso dependiendo de factores de ocupación y uso, de manera que no superen los límites fijados por el Reglamento de Seguridad Radiológica.

El diseño de los sistemas de seguridad de la instalación contemplará los requisitos siguientes:

- Se dispondrá de enclavamientos que impedirán la apertura de puertas o accesos durante la exposición.
- Al menos una puerta podrá ser abierta desde el interior.
- La unidad de control deberá estar colocada en una posición desde la que se apreciará fácilmente la puerta de acceso, el resto de accesos no visibles no podrán ser abiertos desde el exterior.
- Existirá una señal roja de advertencia, en el exterior de la puerta de acceso, y señales que expliquen la existencia de material radiactivo.
- Los materiales de construcción de estos recintos deberán ser resistentes al fuego, no debiendo almacenarse en éstos material inflamable o explosivos.
- Los vehículos de transporte se utilizarán de almacenamiento de equipos gammagráficos, pudiendo permanecer en el interior de los vehículos y dentro de una caja metálica con candado, únicamente si este sea vigilado durante el tiempo que permanezca ante cualquier evento de emergencia.

Operación.

Sucesos internos, cuyo control no está garantizado en algún momento, y que puedan constituir una amenaza para la seguridad de la Instalación tales como incendios, inundaciones.

Suceso externo, fenómeno natural o exterior que pueda constituir una amenaza para la seguridad de la instalación tales como vientos o precipitaciones intensas, incendios ó explosiones próximas.

Seguridad Física.

1. Desaparición (pérdida ó robo) de fuentes radiactivas.
2. Aparición de fuentes huérfanas.
3. Intentos de intrusión o sabotaje.
4. Cualquier suceso en el cual un trabajador expuesto ó miembro del público haya podido recibir, una estimación preliminar, una dosis por irradiación

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 8 de 35

externa o por contaminación interna que sobrepasaría en una exposición única, los límites de dosis establecidos en la legislación.

5. Sucesos operacionales en los que exista un riesgo potencial de recibir una dosis indebida por falla, daño, no retracción de la fuente a su posición de blindaje o almacenamiento, acceso incontrolado a lugares con altos niveles de radiación como salas o recintos de irradiación, fallo en los sistemas de seguridad de la instalación o error humano.
6. Cualquier circunstancia en la que el titular estime que un trabajador ha podido superar, debido a exposiciones acumuladas, los límites reglamentarios.
7. Sucesos por pérdida de hermeticidad de la fuente.
8. Cualquier otro suceso no recogido en los puntos anteriores y que pudiera dar lugar, a juicio del titular, a exposiciones indebidas.

Por lo tanto, para la prevención de Accidentes es imprescindible:

1. Formación del personal.
2. Mantenimiento de equipos.
3. Empleo de equipos de Protección Radiológica.

4.5 PROTECCION Y/O VIGILANCIA RADIOLOGICA.

El objetivo principal es la de brindar orientación sobre el control de las exposiciones ocupacionales a los empleadores, titulares licenciados que tienen que ver con la protección radiológica.

Los trabajadores podrán con sus acciones contribuir individualmente a la protección y la seguridad de ellos mismos y de otros, debiendo:

- Observar todas las reglas y procedimientos aplicables de protección y seguridad especificados por el titular licenciado.
- Usar correctamente los dispositivos de vigilancia radiológica suministrados.
- Cooperar con el licenciado en lo que concierne a la seguridad y protección radiológica.
- Facilitar toda la información sobre las actividades laborales anterior y presentes que sean de interés, para garantizar la protección y seguridad efectiva de ellos mismos y de terceros.
- Abstenerse de todo acto deliberado que pudiera originar, para ellos mismos o para terceros situaciones de infracción de los requisitos prescritos por las normas vigentes.
- Aceptar toda la información, instrucción y capacitación en materia de protección y seguridad que les permita realizar su trabajo de conformidad con los requisitos dados en las normas.
- La exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no rebasen los siguientes límites:
 - Dosis efectiva de 20 mSv por año, como promedio en un período de 5 años consecutivos.
 - Dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año.
 - Dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año.
 - Dosis equivalente a las extremidades (manos, pies) o la piel de 500 mSv/año.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 9 de 35

Para la optimización de estos estipulados, se deberá tener en cuenta:

- Los recursos disponibles para la protección.
- La distribución de la exposición individual y colectiva entre los diferentes grupos de trabajadores.
- La probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.
- El impacto potencial de las acciones protectoras sobre el nivel de otros riesgos (no radiológicos) para los trabajadores o miembros del público.

Se deberá registrar la información sobre la forma en que se está cumpliendo la optimización de la protección radiológica, la que deberá incluir:

- La fundamentación de los procedimientos de operación, mantenimiento y administración, junto con otras opciones consideradas y/o el motivo de su rechazo.
- La revisión periódica y el análisis de tendencias de las dosis ocupacionales en varios grupos de trabajo y otros indicadores de funcionamiento.
- Auditorías internas e inspecciones, y las acciones correctivas resultantes.
- Informes de incidentes y lecciones aprendidas.

El enfoque más estructurado para la selección de las medidas de protección apropiadas deberá incluir los siguientes pasos, que tienen en cuenta tanto la exposición normal como la exposición potencial:

- Identificar todas las operaciones factibles de protección que potencialmente redujeran la exposición ocupacional.
- Identificar todos los factores económicos, sociales y radiológicos de la situación particular bajo el análisis que diferencian las opciones identificadas, por ejemplo, la dosis colectiva, distribución de dosis individual, impacto en la exposición del público, impacto en las futuras generaciones, costos de inversión.
- Cuantificar según proceda, los factores importantes para cada opción de protección.
- Según proceda, realizar un análisis de sensibilidad, es decir, evaluar la consistencia de las soluciones obtenidas, probando diferentes valores para los parámetros clave en el cual existe incertidumbre reconocido.

La evaluación de la seguridad radiológica deberá incluir, según proceda, un examen crítico sistemático de:

- La naturaleza y magnitud de las exposiciones potenciales y su probabilidad.
- Los límites y condiciones técnicas de funcionamiento de la fuente.
- Las posibles modalidades de falla de las estructuras, sistemas, componentes y procedimientos relacionados con la protección y seguridad radiológica aislada o combinada, o de otras causas de exposición potencial y las consecuencias de tales deficiencias.
- Las posibilidades de alteración de la protección y seguridad a causa de cambios en el medio ambiente.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 10 de 35

- Las posibilidades de error y sus consecuencias en los procedimientos operacionales relacionados con la protección y seguridad radiológica.
- Las consecuencias en lo que atañe a la protección y seguridad, de toda la modificación propuesta.

Los datos sobre vigilancia radiológica pueden utilizarse, para el riesgo beneficio y como para poder complementar los riesgos médicos.

4.5.1 De Las Zonas de Trabajo.

- Asocia a la rutina de operaciones continuas y está destinada a satisfacer requisitos reglamentarios y a demostrar que las condiciones de trabajo incluidos los niveles de dosis individual, son satisfactorios, por tanto, aunque en su mayor parte es de índole confirmatoria, sustenta todo el programa de vigilancia radiológico operacional.
- La vigilancia relacionada con la tarea se aplica a una operación específica, que suministra datos para apoyar las decisiones inmediatas sobre la dirección de la operación.
- El diseño e implantación de un programa de vigilancia radiológica se ajusta a los requisitos de garantía de calidad, para asegurar que los procedimientos se establezcan y apliquen correctamente, y los registros se confeccionen de forma inmediata.
- El equipo que se utilizará en el programa es el apropiado para el tipo de radiación, la que contará con calibración obedeciendo lo estipulado por las normas vigentes.

4.5.2 De Las Personas.

- Actividad normalmente de un trabajador en una zona controlada, la que está expuesto ocupacionalmente, entonces deberá ser objeto de vigilancia radiológica individual; la exposición ocupacional del trabajador deberá evaluarse en base a los resultados de vigilancia del puesto de trabajo y a la información del lugar y la duración de la exposición al que se expuso el trabajador.
- La naturaleza, frecuencia y precisión de la vigilancia radiológica individual se determinará atendiendo la magnitud y sus posibles fluctuaciones de los niveles de exposición, así como a la probabilidad y magnitud de exposición potencial.
- Se brindará dosímetros suplementarios cuando sea probable la ocurrencia de exposiciones de alto nivel, dentro del intervalo de evaluación rutinaria normal de un dosímetro, o cuando pueda esperarse que las condiciones radiológicas cambien significativamente durante el trabajo; en estos casos los dosímetros de lectura directa tendrán la ventaja en particular de ser leídos durante el proceso de trabajo.

4.5.3 Vigilancia De Sobreexposiciones.

- Irradiación o contaminación que supera los límites máximos fijados por reglamentación vigente (público o personal ocupacionalmente expuesto.)

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 11 de 35

- Sobre exposición significa *:
- Mayor a 0.25 Sv en todo el cuerpo.
- Mayor a 6 Sv localmente en la piel.
- Mayor a 0.25 Sv en médula ósea u órganos críticos.
- Mayor a 7.5 Sv en otros órganos.

Se registrará todos los niveles de exposición a las que son expuestos el personal de campo en las diferentes actividades que realizan con la fuente radioactiva como:

- Toma del ensayo radiográfico.
- Recambio de fuente.
- Traslado de fuente.
- Mantenimiento de equipo y accesorios.

4.5.4 Procedimientos.

Tendrá por objeto establecer lineamientos que deban seguirse para la realización de un examen médico al personal POE que haya recibido una sobreexposición y/o contaminación interna en el desarrollo de su actividad.

- Examen médico a solicitud de la gerencia de seguridad radiológica, después de efectuar el interrogatorio sobre las características de la fuente y sobre todo del estado del trabajador, y otros datos que manifiesten que la vida del trabajador está en peligro.
- Si el accidentado se encuentra en tales condiciones de gravedad se procederá al trasladado a una unidad hospitalaria.
- Si el trabajador accidentado no se encuentra en ese momento en riesgo de perder la vida se procede a enviarlo urgentemente al laboratorio de análisis clínicos y esperar el reporte de estos para determinar el estado de salud del trabajador.
- Si los reportes del laboratorio reportan alteraciones que comprometan la vida o salud del trabajador se procederá a su hospitalización.
- Si los resultados del laboratorio se encuentran dentro de los límites normales, se procede solo a dar la atención médica de acuerdo al evento.
- Cuando el accidentado es hospitalizado se mantiene una comunicación constante con la unidad hospitalaria para estar informado continuamente del estado del trabajador.
- Se procede a elaborar el informe técnico de ocurrencia para elevarlo a la instancia correspondiente, para dar las correcciones adecuadas.
- Deberá indicarse los procedimientos a seguir, incluyendo las comunicaciones a las unidades que corresponda, en los casos que se detecten personas que hubieran recibido dosis o incorporaciones sobre los límites autorizados.

4.5.5 Instrumentación, Evaluación de la Dosis.

Deberá indicarse el instrumental de protección radiológica disponible que permita evaluar situaciones que excedan el límite anual de dosis

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 12 de 35

equivalente efectiva, el límite anual de incorporación o cualquier nivel de intervención, y para la respectiva evaluación dosimétrica del personal ocupacionalmente expuesto se prestará servicio dosimétrico de una empresa dedicada al rubro, la misma que mensualmente reportará las dosis recibidas por el personal; pudiendo ser esta de película, termoluminiscente o del sistema Inlight y cuyo reporte será archivado para el posterior control del personal.

4.5.6 Criterios de Evaluación.

Se establecerá los criterios de estimación de dosis individuales, a partir de mediciones radiológicas efectuadas en la instalación, o se referenciará los criterios conocidos que se usen ya sea de las lecturas directas de los monitores de radiación sean estos de lectura directa o diferida. Geiger M., Dosímetro de Lapicero, Dosímetros Personales, otros.

4.5.7 Métodos de Cálculo.

Para determinar y/o estimar la dosis ocupacionalmente expuesto por el personal en campo, y la delimitación de áreas controladas y supervisadas, se realizará cálculos manuales haciendo uso de las expresiones matemáticas respectivas; las mismas que deberán quedar corroboradas con los registros y o reportes dosimétricos.

4.6 REQUISITOS EN EL TRANSPORTE DE FUENTE RADIOACTIVA.

Al realizar cualquier movilización del equipo de gammagrafía con una fuente radioactiva lo primordial será comunicar al ente regulador (**OTAN**) del traslado del material radioactivo ya sea vía terrestre, vía área o vía acuática, este comunicado se realizara mediante el formulario No. 6 (**Solicitud de autorización de transporte o exportación**) y se deberá tener en cuenta lo siguiente dependiendo del medio de transporte:

4.6.1 Transporte Terrestre.

1. Se realizará en vehículo de propiedad de la empresa, acondicionado para tal fin, teniendo un compartimiento de carga que asegure la correcta colocación de la fuente.
2. La caja de transporte donde se alojará la fuente radioactiva, será metálica, asegurada y fijada al vehículo, señalizado adecuadamente con los distintivos de radiación, de modo que permanecerán inalterables y sólo manipuladas por el personal autorizado durante el transporte.
3. El vehículo debe estar señalizado, en las partes laterales y trasera con el cartel de seguridad de riesgo clase 7, como lo establece las normas.
4. El transporte deberá estar acompañado de los siguientes documentos:
 - Autorización expedida por la OTAN.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 13 de 35

- Ficha de emergencia y con las instrucciones en caso de algún o percance.
 - Copia de la tabla de decaimiento de la fuente.
 - Ficha de monitoreo del vehículo y de la carga.
5. Licencia de Operación e Individuales del personal responsable, con excepción del conductor y el personal autorizado, a viajar en el vehículo.
 6. El nivel máximo de radiación no deberá exceder de 2mSv/h o (200 mrem/h) en cualquier punto de la superficie externa de la caja metálica y 0.1 mSv/h (10 mrem/h) a 1 metro del mismo.
 7. El nivel máximo de radiación en cualquier posición normalmente ocupa por personas no debe exceder de 0.02 mSv/h (2 mrem/h), a menos que tales personas cuenten con dosímetros personales de radiación.
 8. El transporte debe ser realizado por un mínimo de 2 personas autorizadas.
 9. En caso de pernoctar, el vehículo debe ser guardado en un lugar cerrado y con vigilancia, de no ser posible, retirar la caja metálica y guardarlo con seguro dentro del hospedaje.
 10. El contenedor deberá estar señalizado en las paredes laterales con una señal adhesiva, categoría II o III amarillo, obedeciendo al siguiente criterio:

Amarillo II. Cuando el nivel de dosis en la superficie de la fuente fuera mayor que 0.005 mSv/h (0.5 mrem/h) y menor o igual a 0.5 mSv (50 mrem/h) a 1 metro de la superficie del mismo, una razón de exposición menor o igual a 0.01 mSv/h (1 mrem/h).

Amarillo III. Si el nivel de dosis en la superficie de la fuente es mayor que 0.5 mSv/h (50 mrem/h) y menor o igual a 2 mSv/h (200 mrem/h) la razón de exposición sea mayor que 0.01 mSv/h (1mrem/h) y menor o igual a 0.1 mSv/h (10 mrem/h).

11. El equipamiento mínimo a ser utilizado durante el transporte, será:
 - 01 Medidor portátil de radiación (Geiger M.)
 - 04 conos de seguridad.
 - 01 de cinta de peligro (Peligro de Radiación)
 - 04 carteles de aviso y señalización.

4.6.2 Transporte Aéreo.

Deberá cumplirse con una serie de declaraciones de embarque para artículos peligrosos.

Para el embarque del contenedor con fuente radiactiva en embarcaciones marítimas, en operación o lugares de difícil acceso como selva, sierra, etc;

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 14 de 35

el transporte podrá realizarse por helicóptero y pueden seguir los siguientes pasos:

- El contenedor debe transportarse hasta el lugar de embarque por vía terrestre, obedeciendo los procedimientos descritos.
- Acondicionar el contenedor en el lugar reservado para carga del medio de transporte, fijándolo de forma que no se mueva durante el trayecto.
- Monitorear y registrar los lugares ocupados por el personal presente en el helicóptero.
- Una vez llegado al lugar de destino, se retirará la caja conteniendo la fuente y registrar su monitoreo.

4.6.3 Transporte Acuático.

Para este tipo de transporte, lo ideal es que un contenedor con la fuente y el personal de radiografía viajen solamente con la tripulación de la embarcación, colocando el contenedor en un lugar fijo aislado para que en un caso de percance no sea lanzado el contenedor fuera del mismo.

En el caso de no ser posible, debe asegurarse que el nivel máximo de radiación en cualquier posición normalmente ocupada para individuos del

público no exceda de 0.02 mSv/h (2mrem/h) y en lo posible se deberá colocar algún tipo de blindaje adicional.

El contenedor debe viajar siempre bajo vigilancia del OPR, y sobre todo es de suma importancia el conocimiento por parte del conductor de la fuente radiactiva.

4.6.4 Accidentes (terrestre, Aéreo, fluvial).

Las situaciones debidas a un accidente de transporte pueden variar mucho, dependiendo de la gravedad del accidente. Entre tanto, debe mantenerse una seguridad máxima en torno del vehículo de transporte, a través de aislamiento del mismo. Cualquier reparación del vehículo debe evitarse, hasta que la situación esté totalmente bajo control. La prioridad debe ser siempre dada al cuidado de los heridos y al salvataje de vidas humanas. Debiéndose seguir el siguiente procedimiento:

- Atender a los heridos.
- Verificar visualmente si la caja que transporta al contenedor permanece cerrada y asegurada al vehículo.
- Si la caja ha sido arrancada del vehículo, verificar visualmente su condición.
- Aislar el área y evitar que se acerquen personas no autorizadas.
- Contactar al OPR, y éste al ente respectivo OTAN-IPEN, Policía Nacional, Otros.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 15 de 35

- Si la fuente estuviera expuesta, debe proveerse blindajes adicionales y seguir un procedimiento apropiado para rescatar la fuente.
- Si la fuente no estuviera expuesta, retirar el contenedor de la caja y monitorearla, verificando la integridad del blindaje.
- Si el contenedor estuviera dañado y después del monitoreo se constata alguna fuga en los niveles de radiación por encima de los límites, debe proveerse blindajes adicionales y utilizar un procedimiento apropiado para transferir la fuente a un contenedor de emergencia.

En todos los casos, el tránsito debe ser desviado y si esto no fuera posible, el vehículo debe retirarse a una distancia suficiente para liberar el tránsito

4.7 REQUERIMIENTOS OPERACIONALES.

- Los equipos de Gammagrafía Industrial deberán estar diseñadas en general de acuerdo a lo establecido o recomendado por la norma Internacional ISO 3999 o su equivalente.
- Deberá de disponer del certificado de aprobación y de control de calidad emitido tanto por el país origen como del fabricante.
- El contenedor no deberá albergar fuente radiactiva distinta a la naturaleza y actividad para la que fue diseñada.
- En el exterior del equipo, deberá figurar información suficiente que nos permita conocer en todo momento sus características fundamentales como diseño, contenido radiactivo, etc.
- Los contenedores de estos equipos portátiles, considerados radiactivos deberán cumplir requisitos para el transporte de un bulto tipo B(U) especificados según normas.
- La fuente radiactiva deberá disponer de un certificado de actividad y hermeticidad emitida por el fabricante.
- Se considerará conveniente que las fuentes estén encapsuladas como material radiactivo en forma especial para el transporte de mercancías peligrosas, contando para este caso con el certificado de aprobación.

4.8 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN

Las verificaciones periódicas que desde el punto de vista de la seguridad y protección radiológica se deberán llevar a cabo en las diferentes partes que constituyan un equipo de gammagrafía:

- La fuente radiactiva, se realizará pruebas de hermeticidad a las fuentes de los equipos en uso, con la periodicidad que se fije en la correspondiente autorización y siempre tras cualquier incidente que hubiera podido afectar su integridad; para el caso del Ir192, sólo será necesario tras un incidente que pudiera haber afectado su integridad. Estas pruebas serán realizadas por entidades autorizadas siguiendo recomendaciones establecidas en la norma vigente.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 16 de 35

- En el contenedor y telemando, las revisiones a realizar sobre estos componentes son las recogidas en el certificado de asistencia técnica del fabricante y ante cualquier eventualidad que pudieran afectar su integridad.
- Verificar el estado de las mangueras con el objeto de comprobar si presentan abolladuras o cortes que puedan afectar a la seguridad.
- **Capacitación del personal.**
 - Charlas informativas.
 - Cursos, nivelaciones, programas, etc.
 - Simulacros


 NOT INSPECTION TECHNOLOGIES S.A.S.
 Benilde Ceron Ramos
 TENDIENDO NUESTRO FUTURO

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 17 de 35

4.9 SITUACIONES DE EMERGENCIA.-

4.9.1 Incendio.-

En caso de incendio, el Responsable de la Instalación Abierta debe buscar el extintor de incendio más próximo e intentar combatir el fuego. Si esto no fuera posible, debe proceder de la siguiente manera:

- Contactar al OPR, Nivel II, que deberá solicitar el auxilio del Cuerpo de Bomberos.
- Verificar si a fuente está expuesta y, en caso se confirme, ver si hay posibilidad de retornarla al contenedor.

Después de la llegada del Cuerpo de Bomberos, indicar el lugar exacto donde se encuentra la fuente, orientando sobre el mejor camino para entrar en el área de radiación y avisar sobre los riesgos de la radiación ionizante.

- Monitorear continuamente el área del incendio durante el combate al fuego.
- No permitir que los bomberos o cualquier otra persona entre en el área de radiación, después de la extinción del incendio, sin que antes haya sido realizado un monitoreo completo del local.
- Proceder al rescate seguro del material radiactivo. Si es necesario, solicitar auxilio específico a la OTAN – IPEN.

4.9.2 Inundación:

En caso de inundación del local de almacenamiento, no hay posibilidad de daño a la fuente radiactiva por la acción del agua. Después de retirado, este debe ser enviado a mantenimiento para la verificación de las piezas internas del irradiador.

4.9.3 Robo / Extravío:

Aquí están englobados:

- Asalto o robo del contenedor con la fuente radiactiva del interior del vehículo, locales de almacenamiento, etc.
- Extravío del contenedor con la fuente radiactiva en transporte.
- Extravío del contenedor con la fuente radiactiva no constatado el momento en que ocurrió.

Debe tomarse las siguientes precauciones:

- En caso de asalto / robo, el Responsable del uso y/o transporte de fuente radiactiva (Nivel II, O.P.R.) debe avisar inmediatamente al Responsable de Seguridad de la empresa (R.S.E.), quien deberá comunicar a la, OTAN - IPEN, Policía Nacional.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 18 de 35

- En caso de extravío, el Responsable del uso y/o transporte de fuente debe buscar el contenedor o la fuente, con la ayuda de un medidor de radiación durante una hora. Si no fuera encontrado, avisar al R.S.E. y este comunicará a la Dirección de la Empresa, OTAN - IPEN, Policía Nacional.

4.9.4 Contaminación:

Las fuentes radiactivas utilizadas por NIT, son pequeños discos metálicos (normalmente con dimensiones de 2,7 mm de diámetro por 0,25 mm de espesor, cada uno) y que son apilados sobre una base. Este conjunto se coloca en una cápsula de acero con aspecto y dimensiones semejantes a un comprimido.

La cápsula está cerrada mediante proceso especial de soldadura y colocada en el extremo terminal del porta-fuente.

Sin embargo hay la remota posibilidad de dos tipos de accidentes.

1. Ruptura del porta-fuente con la cápsula en su interior.
2. La cápsula expuesta se rompe de alguna forma.

Solamente en el segundo caso, el material radiactivo se esparcirá causando una contaminación. En este caso, los discos metálicos, cerca de 12 (el número exacto se encuentra en el Certificado de la Fuente Sellada) manteniendo su integridad. Es necesario recuperarlos (en el tubo-guía, suelo, vehículos, ropa, etc.) a través de monitoreo y pinzas especiales, o de las personas, a través de paños y refregado. Esta tarea debe ser realizada por personal especializado del IPEN - OTAN.

Por tanto:

Al constatar, a través del medidor de radiación, una contaminación en el contenedor, en el tubo-guía o en el comando, los operadores deben ser aislados y monitoreados inmediatamente. Todo equipo de radiografía industrial debe ser aislado.

Contactar al OPR de NIT, quien solicitará inmediatamente el auxilio específico del IPEN – OTAN.



	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 19 de 35

ANEXOS

CÁLCULOS BÁSICOS DE RADIOPROTECCIÓN.

I. DELIMITACIÓN DE AREAS.-

En la operación con fuentes radiactivas para gammagrafía industrial y como medida de seguridad se consideran tres zonas o áreas.

El área restringida se considera en un radio tal, en la que se registre una intensidad de radiación de hasta 25µSv/h, en esta zona únicamente podrá permanecer el técnico radiógrafo y su auxiliar; mientras arman el equipo y preparan los accesorios para la toma radiográfica, debiendo salir de ella al momento de iniciar la exposición.

Posteriormente se establece la **zona Controlada**, en la cual la intensidad de radiación será de hasta 7.5µSv/h, una vez realizada la exposición el Personal Ocupacionalmente Expuesto deberá enseguida colocarse fuera de ella, buscando algún tipo de barrera que disminuya todavía más la intensidad de radiación, y desde ella vigilará que ninguna persona se aproxime a dicha zona.

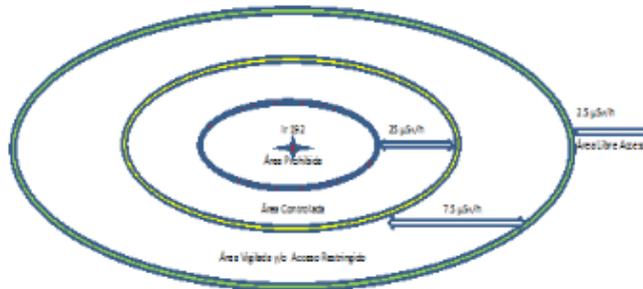
Finalmente, la **zona Restringida**, será aquella en la que la intensidad de radiación será de 2.5µSv/h máximo, fuera de ella podrá permanecer cualquier persona del público en general.

Tomando como base los límites anuales de dosis, 8 horas por semana, 5 días a la semana, y 50 semanas al año; deducimos:

$\frac{50 \text{ mSv}}{2000 \text{ h}} = 0.025 \text{ mSv/h}$	$\frac{15 \text{ mSv}}{2000 \text{ h}} = 0.0075 \text{ mSv/h}$	$\frac{5 \text{ mSv}}{2000 \text{ h}} = 0.0025 \text{ mSv/h}$
---	--	---



	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 20 de 35

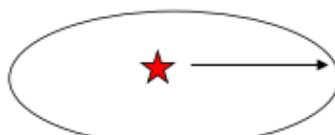


Para el cálculo de una zona controlada, necesitamos primero calcular el radio de círculo en función a la actividad actual de la fuente, para lo cual necesitamos hacer uso de la Ley del Inverso, la cual es:

$$I_1 \times (D_1)^2 = I_2 \times (D_2)^2$$

- I_1 : Exposición inicial de la fuente.
- I_2 : Exposición en la zona controlada (2mR/h)
- D_1 : Distancia Inicial del radionúclido (m)
- D_2 : Distancia final del radionúclido (m)

Tomando como actividad 80 Ci, de una fuente de Ir 192.

$$D_2 = \sqrt{\frac{80 \text{ Ci}}{2\text{mR/h}} \times 0.48 \text{ Rh} \times 1000 \times 1^2} = 138.56\text{m}$$


Radio para un acordonamiento circular sin ningún tipo de blindaje.

II. APLICACIÓN DE BLINDAJE.

Al existir una manera de expresar la calidad o capacidad de penetración de los rayos gamma y a su vez es también un medio útil para calcular el espesor apropiado de los blindajes; ese espesor hemirreductor o capa hemirreductora (CHR) del material que cuando se interpone en la trayectoria de la radiación la

atenúa a la mitad de su valor original, de modo similar reduce la radiación a un décimo de su valor es la capa decimorreductora (CDR).

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 21 de 35

CUADRO N° 1 Determinación de la Capa Hemirreductora

Emisor de Radiación	Material (cm)					
	Pb		Acero		Hormigón	
	CHR	CDR	CHR	CDR	CHR	CDR
Iridio 192	0.55	1.9	1.3	4.3	4.3	14
Cesio 137	0.65	2.2	1.6	5.4	4.9	16.3
Cobalto 60	1.1	4	2	6.7	6.3	20.3

CUADRO N° 1.1
Distancia para Acortar Zona Controlada 0.75 mRem/h
Material Blindaje Plomo a Distintas Actividades Ir-192

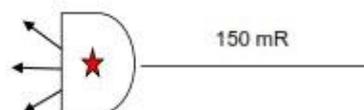
Ir - 192 Bq	Ci	Distancia m	
		Pb 1cm	Pb 3cm
3.7×10^9	10	33.8	6
7.4×10^{11}	20	47.8	8.5
1.85×10^{12}	50	75.6	13.3
2.96×10^{12}	80	75.6	16.8
3.7×10^{12}	100	107	18.8

El uso de colimador para atenuar la radiación emitida por la fuente:

Dada las características del colimador:

Material : Tungsteno
Radiación : Focalizada
Valor CH : 0.130"
Espesor del colimador : 1.04"
Capas Hemirreductoras : 8

Aplicando el blindaje de 8 capas hemirreductoras a la fuente de 80 Ci.
80 Ci x 0.48 Rh/mCi = 38.4 Rh/m



Por lo tanto, la nueva distancia será:

$$D^2 = \sqrt{\frac{150}{2}} = 8.66 \text{ m}$$

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 22 de 35

Cuadro N°1.2
Distancias de Acordonamiento para Zona Controlada
a Diferentes Actividades Fuente Ir 192,
sin ningún tipo de blindaje.

A								
Actividad (Ci)	80	60	40	30	20	10	5	1
D								
Distancia (m)	138.56	120.0	97.98	84.85	69.28	48.99	34.64	21.90

Cuadro N°1.3
Distancias de Acordonamiento para Zona Controlada
a Diferentes Actividades Fuente Ir 192,
Radiación Colimada - 6 CHR -

A							
Actividad (Ci)	80	60	40	30	20	10	5
D							
Distancia (m)	17.32	15.00	12.25	10.61	8.66	6.12	4.33

Estimación de la dosis acumulada sumando las dosis recibidas a las distintas Distancias y tiempos.



	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 23 de 35

**Cuadro N°1.4
Tasa de Dosis a 100 Ci de Actividad y a Distancia
Variadas Para una Fuente de Ir192.**

D								
Distancia (m)	2	6	10	18	35	75	95	100
H								
Dosis (mSv/h)	120.25	13.36	4.81	1.48	0.39	0.085	0.053	0.048

$$H = \Gamma \frac{A}{D^2}$$

A : Actividad (GBq)
D : Distancia (m)
 Γ : Factor Gamma (mSv.m²/GBq.h) : 0.13

Ejemplos en algunas otras condiciones y unidades:

¿Cuál será la tasa de dosis a 5 m de 450 Gbq de Ir-192 ?

$$H = (0.13 \times 450) / 5^2 = 2.34 \text{ mSv.h}^{-1}$$

Se utiliza una fuente de Ir-192 de 1.3 Tbq., ¿Qué distancia reducirá la tasa de dosis a 7.5 μ Gy.h⁻¹?

$$d = \sqrt{\frac{0.13 \times 1.3 \times 1000}{0.0075}} = 150 \text{ m}$$

Una tasa de dosis de 3 mSv.h⁻¹, se mide a 4m de una fuente de Ir-192, A qué distancia la tasa de dosis se reducirá a 7.5 μ Sv.h⁻¹?

$$d = \sqrt{\frac{3 \times 4^2}{0.0075}} = 80 \text{ m}$$


 Denilde Ceron Ramos
ING. RAYLI V. P. MONTAÑE

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 24 de 35

IV. ACCIONES DE EMERGENCIA ESPECÍFICAS - CASOS MÁS FRECUENTES.

1. Imposibilidad de retorno de la fuente a su contenedor por medios habituales:

- Desenganche del portafuente del cable propulsor.
- Aplastamiento del Tubo Guía.

2. Emergencias en bunker.

3. Robo de equipos.

4. Incendios / Derrumbes / Inundaciones.

5. Accidentes durante el transporte por carretera.

- Desenganche del portafuente del cable propulsor
- Empujar el portafuente hasta el puntal, accionando el telemando.
- Colocar una teja u otro elemento de blindaje sobre la ubicación del portafuente (extremo del puntal).
- La teja deberá colocarse perpendicular al área donde vayamos a permanecer.
- Desconectar las mangueras.
- Con la ayuda de una telepinza sacar el portafuente del tubo guía.
- Volver a blindar el portafuente con la teja.

Alternativa A: volver a enganchar el portafuente en el cable del telemando.

- Acercar el equipo.
- Conectar el portafuente al cable conductor.
- Si no podemos conectar el portafuente.
- Accionar la manivela del telemando para que el portafuente se introduzca en el contenedor.
- Introducimos el portafuente al revés con la ayuda de una telepinza al tapón de salida del equipo.

CASO1: Desenganche del portafuente del cable propulsor – Uso de puntal corto

- Empujar el portafuente hasta el extremo del puntal accionando la manivela del telemando.
- El portafuente quedará en el puntal corto.
- Colocar una teja u otro elemento de blindaje sobre la ubicación del portafuente
- Conectar el portafuente al cable propulsor del telemando y retraer el portafuente al contenedor accionando el telemando.

Alternativa C: Uso de Puntal Corto.

- Retraer el telemando dejando las mangueras vacías.
- Elevar el puntal para que el portafuente se aproxime a la salida del contenedor

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 25 de 35

- Quitar el puntal corto.
- Empujar con una guía el portafuente para introducirlo en el equipo.

Aplastamiento de cable guía.

- Empujar el portafuente hasta el puntal accionando la manivela del telemando.
- Colocar una teja u otro elemento de blindaje sobre la ubicación del portafuente.
- Intentar reparar con un martillo y retraer el portafuente al interior del contenedor accionando el telemando.
- Si no conseguimos reparar el aplastamiento, procederemos a cortar las mangueras.
- Sacar el portafuente de la manguera e introducir el portafuente al revés en el en el conducto del contenedor.

Equipos de Protección Radiológica.

1. Dosímetros personales y de área
2. Dosímetros de lectura directa con alarma acústica

Herramientas de Mano y Elementos de Blindaje.

1. Herramientas de corte, pinzas, tenazas
2. Tejas, planchas de plomo, contenedores

Teléfonos de Emergencia.

1. Los Sucesos Radiológicos se Notificará a :

- **IPEN** : Av. Canadá 1470 San Borja – Lima Perú
Email: sege@ipen.gob.pe
Teléfonos : 01 – 226 0030 / 01 - 226 0033
Seguridad Física: 01 - 488 5050, Anexo: 251
- **OTAN** : Calle Justo Vigil 456 Magdalena del Mar – Lima Perú
Email: otan@ipen.gob.pe
Teléfonos: 01 – 463 1170 / 01 – 463 1171 Anexo : 463 - 1166

2. En Casos de Robo, Hurto, Accidentes, etc

- **PNP CARRETERAS**: Av. Vargas Machuca Cuadra 4 s/n San Juan de Miraflores – Lima Perú.
Teléfonos: 01 – 276 4840 / 01 – 276 2875, FAX : 01 – 276 5943
Email: dirvrcar.ofint@pnp.gob.pe dirpocar@yahoo.es
- **Cuerpo General de Bomberos del Perú.**

Sede Administrativa : Av. Salaberry 2495 San Isidro – Lima Perú

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 26 de 35

V.- PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO.

Siempre que se pueda y antes de realizar cualquier trabajo de radiografía se deberá:

Revisar la planificación con el supervisor o con el responsable OPR, que entre otras cosas contendrá:

- Dosis estimada.
- Medios de protección.
- Asignación de equipos y equipamiento.
- Verificar el tiempo de exposición total y la dosis TEÓRICA a recibir.
- Aclarar dudas.
- Comentar situaciones especiales de trabajo.

Al finalizar, el trabajador deberá informar al supervisor u operador responsable OPR del resultado del mismo = Dosis Recibida.

1.- Preparación de Equipos y Documentación.

Equipo de contingencia



2.1º Recoger, comprobar equipos de protección radiológica y contingencia.



Dosímetro de lapicero



Geiger M.



Colimador

2.2º Comprobar documentación del personal y equipo.

Personal: Licencia de Operador Vigente

Equipo de Gammagrafía: Hoja de decaimiento, hoja de ruta, instrucciones escritas; lista de comprobaciones; características del equipo, etc.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 27 de 35

2.3º Comprobar estado del equipo y accesorios.



2.4º Verificar tasa de dosis.

En transporte de Equipo.

No deberá sobrepasar en cualquier punto de su superficie de $7.5\mu\text{Sv/h}$.

En Áreas de trabajo.

Área Controlada: $25\ \mu\text{Sv/h}$
 Área Supervisada: $7.5\ \mu\text{Sv/h}$
 Área restringida: $2.5\ \mu\text{Sv/h}$

Dosis Permisibles:

POE: 20 mSv promedio en 5 años.

PNEO: 1 mSv, sin que el promedio no supere 1 mSv/año

Para el recinto de Almacenamiento.

La dosis en el exterior no deberá ser mayor a $10\mu\text{Sv/h}$

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 26 de 35

2.5º verificar etiquetado de bultos



En caso de alguna anomalía avisar al supervisor o responsable inmediatamente ¡¡¡¡¡

3. Transporte de Equipos.

3.1º comprobar estado del vehículo y su documentación

- Permiso, hoja técnica.
- Panel frontal y trasero placas laterales y trasera .
- El vehículo deberá tener una etiquetado especificando tipo y material de transporte



3.2º Comprobar Equipamiento del Vehículo.

Triángulos emergencia, extintores, calzo, Material de emergencia.

3.3º Comprobar el equipamiento y documentación del conductor.

Chaleco, linterna, pilas, Equipos PRL, primeros auxilios, etc.



Carné de conducir
Carta instrucciones de emergencia, etc.
Cargar el Bulto lo más alejado de los ocupantes.
El bulto debe ir correctamente sujeto.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 29 de 35



Nivel radiación en el vehículo de transporte bajo la modalidad de uso exclusivo en superficie $< 2 \text{ mSv/h}$ a 2 metros $< 0,1 \text{ mSv/h}$.

4.- Llegada a la Instalación del Trabajo.

Avisar de nuestra llegada
 Comprobar planificación de trabajo con el cliente.
 Asegurarse que nadie ajeno está trabajando dentro de la zona acotada antes de empezar a tomar la prueba radiográfica.

5. Adecuar la Zona de Trabajo. - verificación:

Buscar la zona mejor protegida contra las radiaciones.

Comprobar que no existan elementos de riesgo.

Verificar que no hay personal no autorizado en la zona

5.1 Señalización y acotación de zonas –

En función de la técnica de radiografiado

Tiempos de exposición
 Carga de la fuente

Para acotar utilizar estructuras ya existentes:

Muros, tuberías, escaleras, y acordonar la zona con cintas adecuadas para el trabajo a realizar.

Durante la primera exposición comprobar la tasa de dosis en la zona acotada jiji

. Operación.

6.1º Verificar que llevamos.

Medidor de Radiación

Dosímetro de lectura directa.

6.2º Colocar película, indicador de calidad, letras de plomo.

6.3º Conexión del Tubo guía al contenedor y el telemando al porta fuente.

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 30 de 35

OJO !!!

- Cable telemando > longitud manguera.
- Siempre usar el COLIMADOR.
- Tubos guía, manguera telemando LO MAS RECTA POSIBLE.
- Evitar contacto con superficies > 60 °C.
- Cesta telemando lo más alejada posible del punto de exposición.

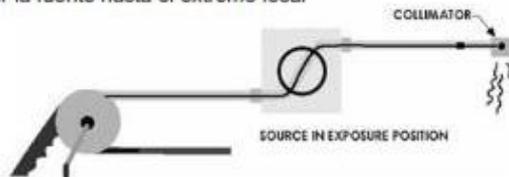
6.4° Comprobar niveles de radiación alrededor del Equipo:



Registro de datos

6.5° Volver a verificar que no haya nadie en la zona controlada y/o supervisada

6.6° Extraer la fuente hasta el extremo focal

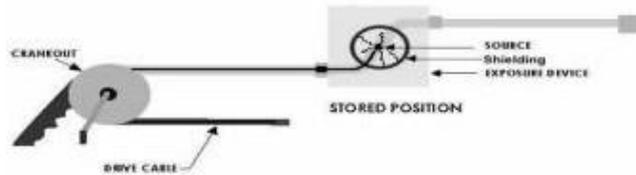


6.7 Alejarse a la zona segura durante la exposición mientras se verifica en todo momento:

- 1) Que Nadie ENTRA
- 2) Niveles de radiación < Verificar



	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 31 de 35



- Equipo en situación de seguridad (telemando bloqueado).
- Comprobar con el medidor de radiación que la fuente está en el interior del contenedor.

8. Desconexión correcta equipo - telemando - tubo guía



9. Retiro de materiales de trabajo.

- Película, indicador de calidad, letras de plomo, ...
- Letreros, cintas de seguridad, etc.

Casos Especiales:

1. Necesidad de realizar varias tomas radiográficas en la misma zona:

- Al mover el equipo asegurar que el anillo selector está en posición de seguridad y sobre NUNCA trasladar el equipo arrastrando el telemando o las mangueras.

2. Trabajos en altura:

Extremar las medidas de seguridad y Protección Radiológica.



OFICINA PRINCIPAL

Web: www.nit.com.pe

para Pariñas Teléfono : 073387973

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0.	01/10/2016	Página: 32 de 35

10. Vuelta al recinto de almacenamiento.

Avisar al cliente de nuestra marcha

COMPROBAR QUE LLEVAMOS TODO EL MATERIAL !!!!!!!

Transporte de equipos : Evite superar los límites de velocidad



11. Almacenamiento e Informe. – Una vez llegado al bunker.

- Depositar inmediatamente el equipo en el recinto de almacenamiento.
- Comprobar niveles de radiación.
- El recinto es un área de acceso restringido/controlado.
- El recinto debe permanecer siempre cerrado con llave.
- Guardar el resto de elementos en su lugar correspondiente.
- Rellenar el diario de operaciones del equipo y anotar dosis.
- Actuar según procedimiento (Avisar al Supervisor en caso se supere el límite operacional).

Almacenamiento en obra.

- El acceso deberá ser restringido/controlado y previamente consensuado con el cliente y señalizado según Reglamento de Funcionamiento
Tasa de dosis dependencias colindantes < 0,5 µSv/h
- El almacenamiento ni se harán ni colindará con otras actividades de riesgo (*incluye almacenar*)
- Siempre que haya algún equipo radiactivo almacenado se dispondrá de un detector de radiación activo.

Trabajos en Espacios Confinados.

La operación igual que en campo con unas particularidades que deberán ser evaluadas por el OPR y operador:

12. Limpieza y mantenimiento

- **Gammágrafos, cada vez que se usa:**

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 33 de 35

Limpieza exterior – ninguna suciedad es despreciable
 Comprobar marcas y etiquetados
 Comprobar anillo Selector
 Comprobar desgaste enganche portafuente (holgura conector/muelle)
 Comprobar orificio de salida y tapón.

Telemando y mangueras, cada vez que se usan:

Inspeccionar tubos guía – Desgaste.
 Inspeccionar cable y mangueras – **NO** doblar demasiado los tubos.
 Que no presente cortes, mellas o roturas.
 Cable telemando > longitud mangueras.
 Inspeccionar deformaciones u obstrucciones.
 Enrollar mangueras con cuidado.

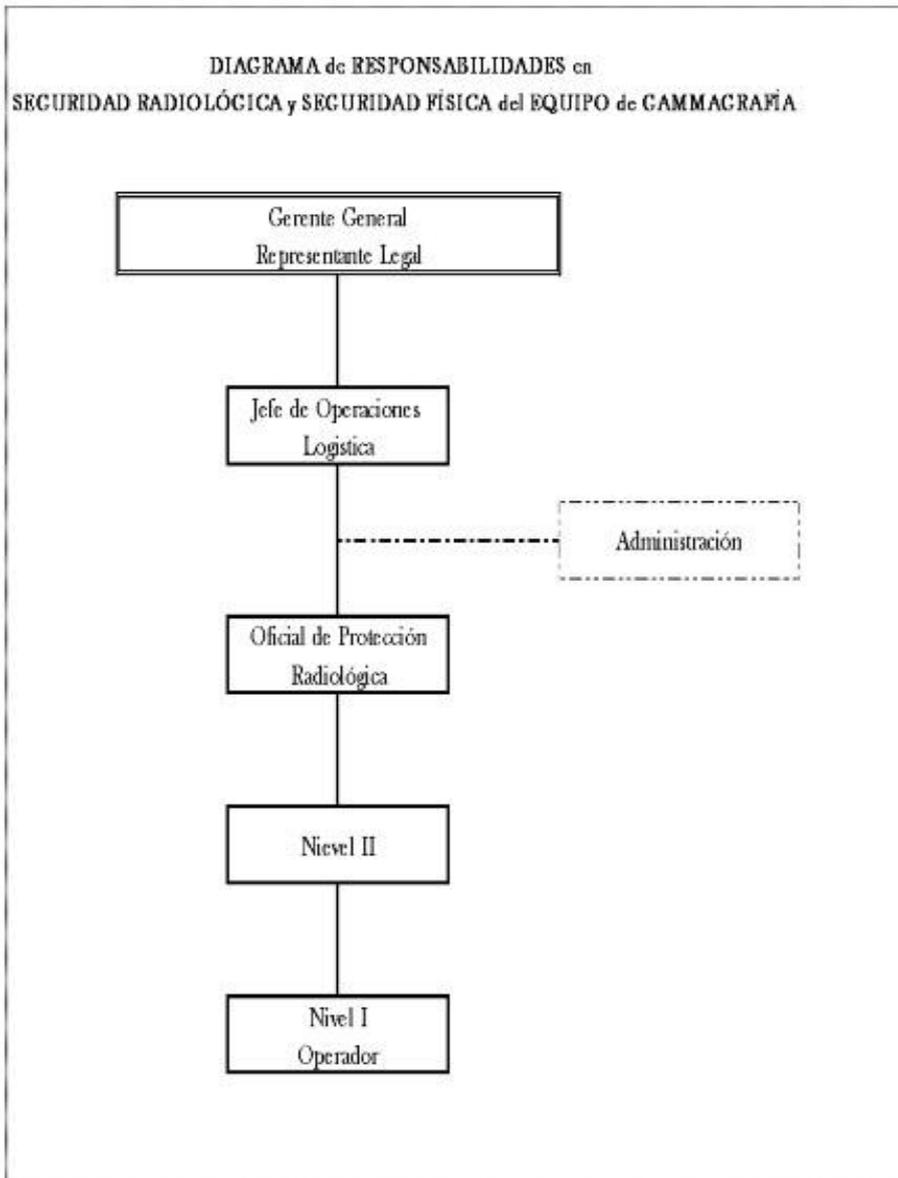
Llevar el registro de actividades de la jornada laboral en Gammagrafía Industrial.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.

- Ley N° 282028 "Ley de Regulación del uso de las Fuentes de Radiación Ionizante"
- Decreto Supremo N° 041-2003-EM "Reglamento de Autorizaciones, Fiscalización, Control, Infracciones y Sanciones de la Ley N° 282028"
- Reglamento de Seguridad Radiológica.
- Norma IR.001.2009, Requisitos de Seguridad Radiológica en Radiografía Industrial.
- Resolución de Presidencia N° 131-11-IPEN/PRES


 Benilde Ceron Ramos
ING. NIVEL V - PT-MG-01-02

	MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA NIT-MPR-002	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2010	Página: 34 de 35





**MANUAL DE PROTECCIÓN
RADIOLÓGICA
NIT-MPR-002**

Revisión

Fecha de
emisión

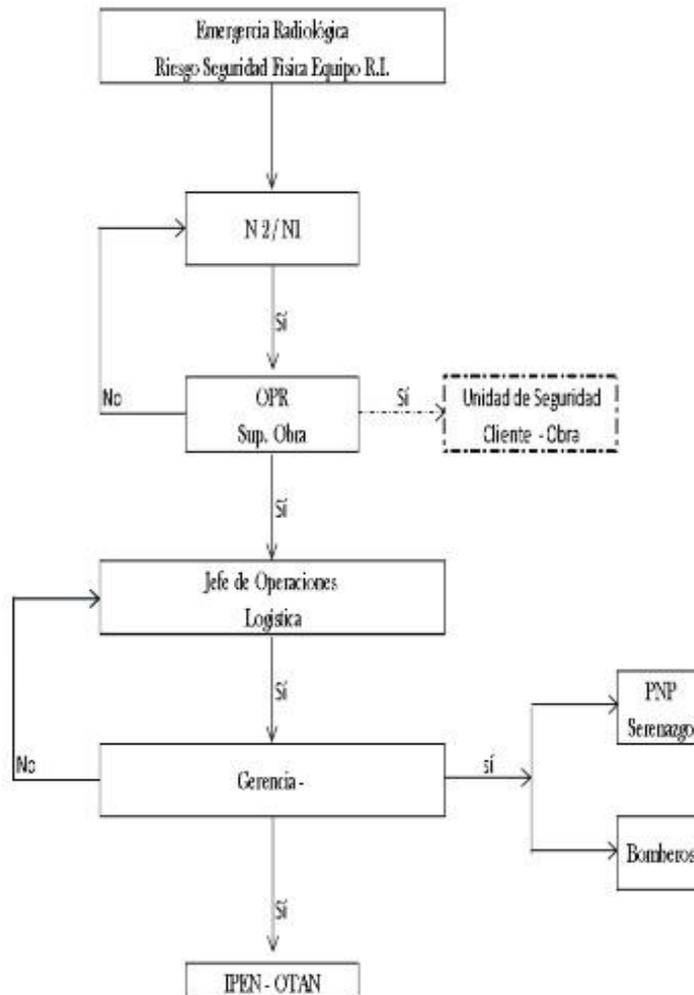
Nº de hojas

0

01/10/2016

Página: 35 de 35

**FLUJO de INTERVENCIÓN ANTE EMERGENCIA RADIOLÓGICA
y RIESGO de SEGURIDAD FÍSICA EQUIPO de RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL.**



ANEXO 4. SEGURIDAD FÍSICA DE RADIOGRAFÍA NIT-PSF-001.

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FÍSICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 1 de 17

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FÍSICA

Control de Revisiones		
Nº de Revisión	Fecha	Modificaciones al Documento

	Elaborado	Revisado	Aprobado
Fecha	01 – 03- 18	03 -03 - 18	03 -03 - 18
Nombre Cargo	Antonio B. Carbajal P. <i>Oficial de Protección Radiológica.</i>	Benilde Cerón Ramos. <i>Encargado Seguridad Física y Radiológica.</i>	Luis A. Carbajal P. <i>Gerente General.</i>
Sello y/o Firma			

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 2 de 17

1. OBJETIVO.
2. REFERENCIAS.
3. CONSIDERACIONES PREVIAS.
4. SEGURIDAD FÍSICA EN EL ALMACENAMIENTO Y USO DE FUENTES RADIATIVAS
 - 4.1. Descripción de la Fuente
 - 4.2. Descripción de la Práctica y Uso de la fuente así como tu categoría
 - 4.3. Descripción de la Ubicación de la Fuente en la Instalación o Área donde se usa o almacena, incluyendo un plano, las medidas de seguridad usadas para proteger la fuente y definición del área de seguridad.
 - 4.4. Asignación de Responsabilidades y Calificación del Personal
 - 4.5 Descripción de las amenazas de la Seguridad
 - 4.6 Descripción de las Medidas del Sistema de Seguridad Física
5. PLAN DE SEGURIDAD FÍSICA EN EL TRANSPORTE DE FUENTES RADIATIVAS
 - 5.1 Descripción de la Fuente a Transportarse
 - 5.2 Descripción del Vehículo en que se Transportará la Fuente y las disposiciones para asegurar el Embarque Durante Transferencias u Otras paradas en la Ruta
 - 5.3 Asignación de Responsabilidades y Calificación del Personal
 - 5.4 Descripción de las amenazas a la seguridad
 - 5.5 Descripción de las Medidas de Seguridad a Emplearse teniendo en cuenta los Requisitos de la Norma.
6. MATERIAL Y EQUIPO.

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 3 de 17

1.- OBJETIVO.

La finalidad de proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante.

Medidas de seguridad sea tecnológica y/o física que están enfocadas y aplicadas de forma integrada, para así controlar la exposición o sobre exposición inducida de las personas a las radiaciones, y de la emisión de materiales radiactivos al medio ambiente.

Reducir la probabilidad de sucesos que puedan dar lugar a una pérdida de control sobre la fuente de radiación, y poder así, mitigar las consecuencias de esos sucesos si llegasen a producirse.

2.- REFERENCIAS.

- NORMA TÉCNICA SF.001.2011 - REQUISITOS DE SEGURIDAD FÍSICA EN FUENTES RADIATIVAS
- NORMA IR.001.2009 - REQUISITOS DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA EN RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL

3.- CONSIDERACIONES PREVIAS.

El diseño de estas medidas de prevención y seguridad debe estimar las amenazas existentes en los distintos escenarios donde se encuentren las fuentes radiactivas, tales como:

- Ejecución de la operación (toma radiográfica).
- Durante el almacenamiento de la fuente radiactiva (Bunker)..
- Durante el transporte de la fuente radiactiva (punto de trabajo-Bunker).

4. SEGURIDAD FÍSICA EN EL ALMACENAMIENTO Y USO DE FUENTES RADIATIVAS.

Este plan comprende los siguientes puntos:

4.1. Descripción de la Fuente.

El Isótopo a utilizar es Iridio 192, con una actividad inicial de 3.7 TBq (100 ci), consiste en una fuentes sellada cuyos materiales radiactivos están firmemente confinados o agregados dentro de una cápsula o caja protectora apropiada, y que se ha construido de tal modo que impida su dispersión en las condiciones de uso habitual, lo que excluye toda posibilidad de contaminación. Estas fuentes radiactivas selladas, ampliamente utilizadas en la industria suelen caracterizarse por su pequeño tamaño y su movilidad.

Los riesgos que esas fuentes representan varían enormemente, dependiendo de factores como tipo de radionucleidos a usar, forma y sobre todo de su actividad.

4.2 Descripción de la Práctica y Uso de la fuente así como tu categoría.

La actividad a realizar es la de gammagrafía industrial, dicha práctica se realizará en instalaciones donde se brinden los medios necesarios para hacer cumplir el Plan de Seguridad Física, en caso de no haber las medidas necesarias, el Oficial de Protección Radiológica en campo efectuará la coordinación con el responsable de la seguridad de la instalación por parte

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 4 de 17

del Cliente para que existan los requisitos esenciales y necesarios de seguridad física de dicha práctica.

4.3 Descripción de la Ubicación de la Fuente en la Instalación o Área donde se usa o almacena, incluyendo un plano, las medidas de seguridad usadas para proteger la fuente y definición del área de seguridad.

En el Almacenamiento.

El almacenamiento de la fuente radiactivas en las instalaciones de NIT constan de una sala que se pueda cerrarse con llave y dentro de ésta se ubica el almacén construido para este propósito que brinda un nivel adecuado de protección y seguridad. La sala o el almacén están designados como zona controlada o zona supervisada, según proceda, y están en lo posible:

- a) Ser resistentes al fuego para minimizar la posibilidad de pérdida de blindaje y contención en caso de un incendio en las inmediaciones.
- b) Esta ubicado en una zona distante de peligros de corrosión y explosión.
- c) Cajón o depósito fabricado con materiales que proporcionan suficiente blindaje para reducir las tasas de dosis fuera de ellos a niveles inferiores a los especificados por el órgano regulador para el caso.
- d) La puerta de la instalación de almacenamiento se mantiene cerrada con llave, que solo deberá estar en posesión de personal autorizado.
- e) En la puerta se encuentra colocado el aviso y la dosis permitida establecidas para estos casos (el trébol).

En Operaciones.

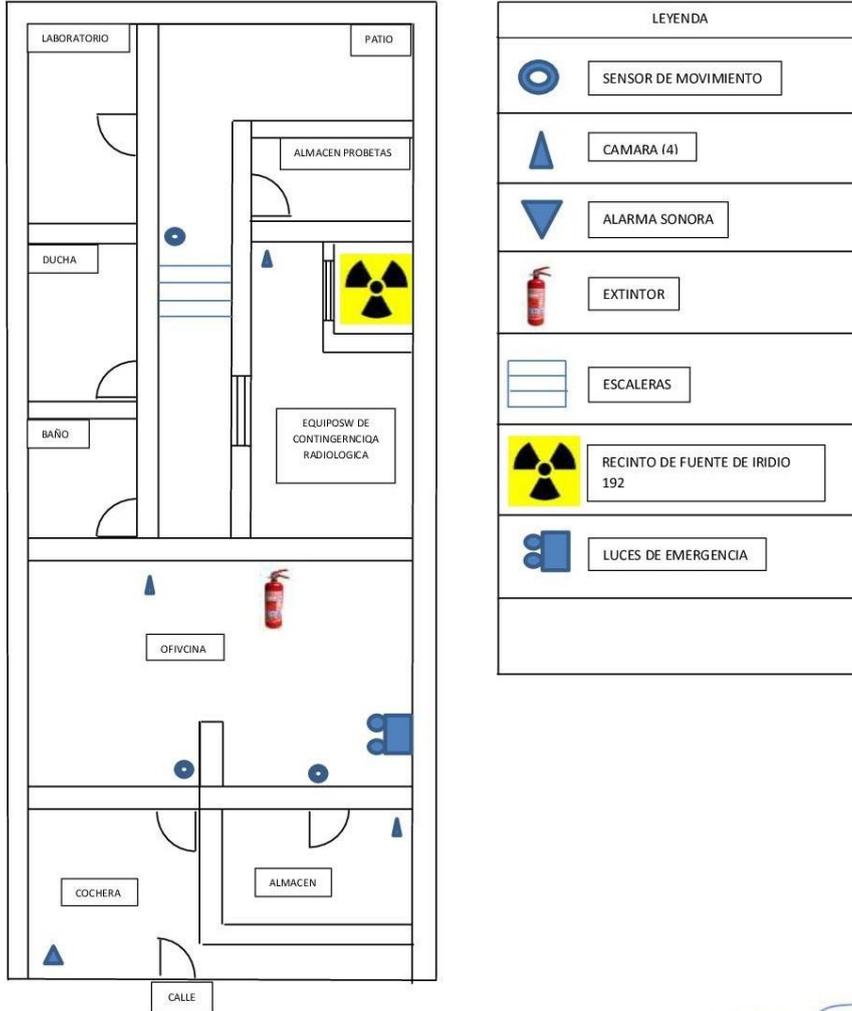
El uso de la fuente se da en talleres de metal mecánica, fábricas e industrias en general; aparte de tener en cuenta el tema de seguridad radiológica para el uso de la fuente, en estas instalaciones se debe de tener más la prioridad de la seguridad física y, se inicia con las charlas de seguridad, una vez que se inicia las operaciones de trabajo en campo sus áreas deberán estar debidamente señalizadas con cintas de seguridad y carteles de peligro de radiación, ya que esta será un factor de disuasión para la persona que quiera ingresar donde se encuentra el equipo, se debe de ejecutar monitoreo constante cuando la fuente se encuentre en exposición, el oficial de protección radiológica y el operador tienen que asegurarse que su equipo este a buen recaudo tanto en el área de trabajo como en los momentos que se deja de operar dicho equipo, generalmente se da en el traslado a pie, en momentos en que se interrumpe la labor por factores externos o en horarios de refrigerio donde el equipo se debe de almacenar temporalmente hasta reiniciar las operaciones, de igual forma debe de dejar con sus respectivos avisos de peligro y el área donde se encuentre en equipo debe de estar encintada por lo menos 2 metros a su alrededor, el personal de campo debe de contar en todo momento con sus instrumentos de monitoreo, medios de comunicación como radios, o celulares para su oportuna comunicación de algún suceso no deseado, estas medidas deben de convertirse en un hábito para el personal responsable del uso y almacenamiento del equipo de gammagrafía.



	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 5 de 17

Distribución del recinto y bunker de seguridad.

ACCESO A LA OFICINA NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC.



OFICINA PRINCIPAL TALARA URB. Aproviser C2-11 2da Etapara Pariñas Teléfono : 073387973
 Web: www.nit.com.pe

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 6 de 17

4.4 Asignación de Responsabilidades y Calificación del Personal.

El operador de la licencia NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC., tiene personería Jurídica y recae sobre su Encargado de Seguridad Física y Radiológica siendo el Sr. Luis Alejandro Carbajal Padilla, con N° de Licencia 0548-11, quien deberá responder legal, moral y solidariamente sobre cualquier acto en particular que involucre a su representada.

A continuación se identifican las responsabilidades de acuerdo al cargo que desempeñan en el Plan de seguridad Física en el almacenamiento y uso de fuentes radiactivas.

Responsabilidades como Oficial:

El Oficial de Protección Radiológica es el encargado de elaborar, actualizar y velar el cumplimiento del Procedimiento de Seguridad Física, antes, durante y después del almacenamiento y uso de los equipos de Gammagrafía Industrial, recae sobre este puesto la responsabilidad en su totalidad de los lineamientos de seguridad en la empresa, coordinación con las diferentes autoridades como el IPEN, OTAN, Policía Nacional del Perú, Compañía de Bomberos del Perú, comunicar o solicitar al ente Rector las ocurrencias y/o accidentes que estén ligadas a la operación de equipos de gammagrafía industrial; estando bajo esta responsabilidad el Sr. Blas Antonio Carbajal Padilla.

Responsabilidades como Coordinador de Seguridad Radiológica y Seguridad Física.

El Coordinador de seguridad radiológica y seguridad física es de velar la seguridad radiológica en todas las operaciones de gammagrafía y monitorear la seguridad física de los equipos de gammagrafía en todo momento, establecer una comunicación directa con el oficial de protección radiológica en su ausencia; recayendo también dicho rol en el Sr. Luis Alejandro Carbajal Padilla, con N° de Licencia 0548-11.

Responsabilidades como Operador.

El operador tiene la obligación de cumplir con el Procedimiento de Seguridad Física, a su vez comunicar las incidencias y/o accidentes que puedan ocurrir durante el almacenamiento y trabajo de Gammagrafía al Superior inmediato.

Siendo para esta responsabilidad los señores:

Richard Chiroque Sernaqué.
Enrique Sulca Aspilcueta.

4.5 Descripción de las amenazas de la Seguridad.

A continuación se explican las posibles amenazas a la seguridad Física del Equipo de Gammagrafía de la Empresa:

Robo.

Puede estar amenazada la seguridad del equipo, ya que se puede violentar la seguridad de la instalación rompiendo las dos cerraduras de la puerta de entrada, una vez dentro romper el candado de acero inoxidable que se encuentra en la tapa metálica, el Búnker contiene una división con dos tapas metálicas, corredizas cada una con un candado de seguridad, una vez que se ha violentado estas tapas deslizables puede sustraer el equipo de Gammagrafía y se puede concretar el robo.

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 7 de 17

En el uso del equipo de gammagrafía (campo, o traslado) también se puede presentar el robo del mismo, pudiendo ser sustraído utilizando armas de fuego para reducir a los operadores atándolos, golpeándolos y/o dejándolos sin reacción, pudiendo así llevarse entre muchas cosas el equipo de gammagrafía.

Mediante un hurto, aquí se presenta un punto de negligencia de parte del personal de la entidad operadora, ya que si entendemos por hurto la sustracción de un bien ajeno sin utilizar la fuerza nos daremos cuenta que no se adoptaron las medidas necesarias para evitar tal hecho, en el almacenamiento del equipo es poco probable que suceda por parte del personal no autorizado del ingreso, en este caso la persona no autorizada tendría las llaves en su poder para poder ingresar sin tener que violentar dicha instalación pudiéndose ingresar y hurtar el equipo de gammagrafía.

En el uso del equipo de gammagrafía es más probable que se pueda presentar el hurto del mismo, sobre todo en los lapsos que la fuente se encuentra en el interior del proyector, en los horarios de refrigerio y en los traslados del equipo, para que esto ocurra es necesario la distracción de los operadores, cuando ellos puedan perder de vista el equipo se convierte en un momento propicio para que el malhechor pueda tomar dicho equipo y sustraerlo sin inconvenientes, el tiempo de distracción es determinante para que el sujeto pueda cometer su acto delictivo.

Mediante Sabotaje.

Puede presentarse en cualquier empresa y/ o institución. NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC, no está al margen de un evento de estas características, puede presentarse por cualquier miembro de la empresa ya sea personal administrativo que pudiera tener acceso a la instalación, también por personal Técnico Operador o en colaboración de ambos, puede darse sobre todo en los miembros que tengan acceso a las llaves del Búnker, pero en este caso el que tiene acceso de las llaves del Búnker es el mismo responsable por el cual recae toda la responsabilidad legal del equipo de gammagrafía, si se llegara a presentar un sabotaje tendrían que sustraer las llaves y duplicarlas para poder ingresar sin ninguna sospecha, aunque quedarían identificados los miembros que realizarían dicha acción por la cámara de seguridad instalada en dicho lugar; también se puede dar el caso de que personal administrativo desconecte el sistema de vigilancia confabulado con personal operativo para sustraer el equipo.

Mediante Falla Electrónica, un punto importante del sistema de seguridad es la cámara ubicada dentro de la instalación, si por falla del sistema eléctrico dejara de funcionar la cámara de seguridad no podría registrar quien entra o sale de la instalación y esto facilitaría el posible ingreso de personal que tenga las intenciones de sustraer el equipo de Gammagrafía.

4.6 Descripción de las Medidas del Sistema de Seguridad Física.

El sistema de seguridad Física de NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC, se basa en las siguientes medidas:

A) Sistema de Seguridad Mediante un Control de Acceso a la Instalación.

El acceso a la instalación solo será por parte del personal autorizado, en la actualidad se contará con un solo Proyector, y a su vez solo habrá un grupo reducido de personal que pueda tener acceso al Búnker, en este caso será el Responsable de Protección Radiológica de la Empresa, el Oficial de Protección Radiológica Operativo y los Operadores; no podrán tener acceso alguno otra personal no autorizado sean éstos personal Administrativo, Conductor,

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 8 de 17

Vigilancia Externa. Para un adecuado control, se llenará un formato de acceso a la instalación, en el cuál se registrará el nombre del personal que ingresa a la instalación, el motivo del ingreso a la instalación, hora y fecha del ingreso a la instalación, firma del personal que ingresa, observaciones, firma de conformidad del personal que registra el ingreso (administrativo), el personal administrativo que diere por conforme el ingreso de este personal debe de cerciorarse, mediante la cámara de vigilancia que éste ingreso se produjera, si se encontrará alguna anomalía se notificará al Oficial de Protección Radiológica y al Responsable de Seguridad de la Empresa, el O.P.R. analizará dicho suceso y de ser conveniente emitirá un informe, pudiendo llevar a esta a la amonestación o despido del personal involucrado, realizando acciones legales e informando a la autoridades correspondientes, como PNP, IPEN y/o a quien corresponda.

Este sistema de Seguridad permitirá evitar posibles Hurto y Sabotajes, ya que se mantendrá un control del personal que ingresa al recinto.

B) El sistema de seguridad mediante un control de Llaves del Ingreso al Búnker.

El Trabajador que se encuentre autorizado a ingresar al Búnker y solicite las llaves de la instalación llenará un formato del Control de las llaves, este formato deberá de tener registro de la persona que solicita las llaves para el Ingreso a la Instalación, hora y fecha de la salida de las llaves, hora y fecha del ingreso de las llaves, tiempo de retorno de las llaves al almacén principal, firma de la persona solicitante y firma de conformidad de la persona encargada del almacén principal, se aplicará un tiempo límite de retorno de las llaves al almacén principal de 5 minutos, de superar este tiempo se informará al Oficial de Protección Radiológica y al Responsable de Seguridad de la Empresa éste analizará los sucesos en que devinieron a la demora del retorno de las llaves si se encontrarán indicios que presuman de un posible sabotaje por parte del personal, el Responsable de Seguridad Radiológica y Física de la Empresa tomará las medidas correspondientes pudiendo estas ocasionar el despido del personal así como su posible denuncia y se comunicará al ente rector (IPEN); en el registro de control de llaves también se anotarán las observaciones que se encuentren como la demora del tiempo de retorno, el formato de Control de Llaves estará a cargo del personal administrativo así como la custodia del lugar donde se almacena las llaves.

Este sistema es adecuado para evitar posibles sabotajes y hurtos por parte del personal autorizado.

C) Sistema de Seguridad Mediante Cámara de video vigilancia.

La instalación cuenta con un sistema de cámaras de seguridad, consta de 2 Cámaras con Visión Nocturna, un CPU con Disco Duro de 2 TERABYTES, y Monitor Adaptados para el uso exclusivo de la vigilancia de la instalación, la primera cámara estará ubicada en el exterior de la instalación para detectar posibles intentos de ingresos no autorizados, la segunda cámara estará ubicada dentro de la instalación detectando el ingreso de las personas a la instalación y el ingreso al Búnker, este sistema colabora en gran medida a identificar y disuadir cualquier intento de penetración no autorizada, se designará un personal administrativo para la labor de video vigilancia.

Si se diera el caso de averías en el Sistema de Vigilancia por Cámara, se designará o contratará personal de vigilancia para que custodie la instalación de almacenaje de la Fuente, se proveerá al personal de medios necesarios de comunicación como radio, celular (en lo posible con un dosímetro personal), para una oportuna comunicación con el exterior y pueda informar cualquier hecho de carácter anormal.

El Personal administrativo que esté a cargo de la Video vigilancia, deberá de constatar al inicio de su Horario de Trabajo el registro de grabación de las últimas 24 Horas y Constatar que los

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 9 de 17

ingresos a la instalación coincidan con los registrados en el Formato de Acceso a la Instalación, de no ser así se comunicará con el R.S.E. quien determinará las acciones a seguir.
 El Registro de conformidad de Video vigilancia deberá de contener, Fecha de la Grabación, Hora de Entrada y Hora de Salida, nombre del Trabajador que se registra en la cámara, Observaciones, fecha en que se Registra, Firma de la Persona que registra el Ingreso.

D) Sistema de Vigilancia de Personal.

Todo el personal involucrado en el Proceso de los trabajos de Gammagrafía de NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC está informado que se debe de comunicar cualquier anomalía y/o suceso que pudiera alterar cualquier sistema de seguridad empleado para resguardar el equipo de Gammagrafía, si es que se presentara fallas mecánicas o de sistema eléctrico y sea vulnerable la instalación ante cualquier intento de penetración no autorizada, se empleará Vigilancia exclusiva del Personal de NDT INSPECTION TECHNOLOGIES SAC o se contratara vigilancia particular de ser el caso, para resguardar la instalación donde se encuentra almacenada la Fuente de Gammagrafía, el responsable de Seguridad Radiológica y Física de la Empresa asignará tal función de acuerdo a las condiciones en que se presente la anomalía.

E) Sistema para identificar al Personal Involucrado en las Operaciones de Gammagrafía Industrial.

El personal involucrado en las operaciones de gammagrafía industrial, sean operadores, supervisores, conductores y ayudantes deben de tener los siguientes documentos:

- Documento Nacional de Identidad (DNI) vigente.
 - Croquis del lugar de Residencia del Trabajador, Recibo de Luz o agua determinar si es propio o alquilada la vivienda donde reside.
 - Currículum documentado, donde indique la experiencia laboral tanto dentro del área que involucra a gammagrafía industrial u otros trabajos realizados, educación obtenida, referencias personales de los trabajos realizados indicando número de contacto.
 - Certificado de antecedentes penales y policiales.
 - Carta de entendimiento y aceptación del cumplimiento del Plan de Seguridad Física de la Empresa.
- El Responsable de seguridad de la Empresa será el encargado de revisar y constatar la veracidad de dicha documentación y aprobar el ingreso del Personal a la Empresa.

Una vez revisada y aprobada la documentación del trabajador se registrara en un formato datos como el nombre del Trabajador, D.N.I, dirección actual, cargo que ocupa dentro de la Empresa, Ubicación de la zona de trabajo, firma del trabajador y del que R.S.E.

F) Sistema de Seguridad antes, durante y después de un Mantenimiento de los Equipos de Gammagrafía Industrial.

El sistema de seguridad se basa en tres Procedimientos para realizar un mantenimiento:

Procedimiento de Seguridad antes de un Mantenimiento.

1. Antes de Iniciar un mantenimiento se debe de registrar el inicio de dicho mantenimiento en un formato que contenga los nombres del personal operador que realiza el mantenimiento, fecha y hora del Inicio del Mantenimiento, firma de conformidad del Inicio del Mantenimiento por parte del Responsable de seguridad Radiológica y Física

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 10 de 17

de la Empresa, Fecha y hora del Término del mantenimiento, Observaciones, Firma de Conformidad del Término del mantenimiento por parte del Responsable de seguridad Radiológica y Física de la Empresa.

2. Al Realizar el mantenimiento al Proyector de Gammagrafía Industrial, se debe de tener en cuenta que la instalación donde se va a realizar el mantenimiento debe de contar con las medidas necesarias de seguridad para resguardar la integridad del personal y de la fuente de Gammagrafía, tanto como espacio, iluminación, seguridad, vigilancia y se evite el ingreso de personal no autorizado, el área de trabajo debe de estar delimitado con avisos de advertencia y/o peligro, de no encontrar las medidas necesarias que garanticen la seguridad tanto del personal como de la Fuente, no se iniciará dicha labor, y se comunicará al Responsable de Seguridad Radiológica y Física de la Empresa.
3. De ser posible se realizará el Mantenimiento de la Fuente en la propia Instalación Principal de almacenamiento de la Fuente o en otra Instalación que brinde las medidas de seguridad básicas para el respectivo mantenimiento.
4. El encargado de realizar dicho mantenimiento estará a cargo de la seguridad Física del área de Trabajo coordinadamente con el Responsable de Seguridad de la Empresa.
5. Para la labor de vigilancia de la Instalación se dispondrá de un trabajador para que preste dicha labor mientras dure la operación de mantenimiento, la asignación del personal de vigilancia la realizará el encargado del área de trabajo.
6. Se debe de contar con una relación de números de contacto y emergencia, medios de comunicación como radios, Nextel y /o teléfonos Celulares que permitan una comunicación efectiva.
7. De no contar con las medidas necesaria de seguridad y/o personal calificado para el mantenimiento del equipo de Gammagrafía se contratara una empresa especializada en dicha labor y autorizada por el ente Rector para realizar el trabajo de mantenimiento.

Procedimiento Durante un Mantenimiento.

1. Durante las labores de mantenimiento se debe de vigilar que no ingrese personal que no esté autorizado y/o involucrado en el trabajo de mantenimiento.
2. Si se llegará a presentar la interrupción de las labores de mantenimiento por parte de personal no autorizado y/o causas ajenas, se detendrá dicha labor y solo se reiniciará si el Responsable de Seguridad de la Empresa lo autoriza y una vez restablecida las medidas de seguridad iniciales dentro del área de trabajo.
3. El personal que esté a cargo del mantenimiento y/o personal que esté involucrado en el mismo comunicará de las anomalías o inconvenientes a quien corresponda.

Procedimiento Después de un Mantenimiento.

1. Al culminar las labores de mantenimiento, se deben de asegurar que todas las medidas iniciales de seguridad ubicadas dentro de la instalación se vuelvan adoptar si es que se modificaron o se suprimieron.
2. Se comunicará al responsable de seguridad de la empresa la culminación de las labores de mantenimiento.
3. El responsable de seguridad de la empresa registrará el mantenimiento del equipo, firmando su conformidad con dicho proceso.

G) Sistema de Control de los Registros involucrados en las Operaciones de Gammagrafía Industrial.

Es indispensable llevar un control de los registros que están involucrados en las operaciones de gammagrafía industrial, éstos se revisarán mensualmente teniendo en cuenta que se debe

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 11 de 17

elaborar un reporte cada mes indicando las posibles observaciones que se puedan hallar durante su revisión y las medidas o correcciones a tomar, siendo el Responsable de Seguridad de la Empresa el encargado de elaborar dicho reporte y aprobar las posibles modificaciones y/o actualizaciones a los Registros Involucrados en la Práctica.

A continuación se relacionan los registros involucrados en las operaciones de Gammagrafía Industrial, los cuales se encuentran en el MANUAL DE PROTECCION Y SEGURIDAD RADIOLOGICA NIT-ISR-002, los cuales son:

1. Registro de entrenamiento del personal
2. Registro de mantenimiento de equipos Radiográficos
3. Registro de mantenimiento de dispositivos de vigilancia radiológica
4. Registro de operaciones en campo
5. Registro de entrada y salida de equipos
6. Registro de incidentes
7. Registro de mantenimiento de dispositivos de seguridad física
8. Registro de control de Llaves
9. Registro de Transporte de Fuentes Radioactivas

H) Sistema para la actualización Periódica del Plan de Seguridad Física.

El Plan de seguridad física será revisado y actualizado cada vez que se presenten sucesos o anomalías que puedan devenir en la violación de los medios de seguridad implementados en el plan y como consecuencia de ellos verse afectada la seguridad física del personal y de la fuente radiactiva.

Será responsabilidad del Oficial de Protección Radiológica y del Responsable de Seguridad de la Empresa en revisar y mantener actualizado periódicamente el Plan de seguridad Radiológica y Física con una vigencia máxima de un año por revisión, en ese período de tiempo pueden realizarse las revisiones que se crean convenientes.

5.- PLAN DE SEGURIDAD FÍSICA EN EL TRANSPORTE DE FUENTES RADIATIVAS

5.1 Descripción de la Fuente a Transportarse.

A efectos de transporte, las fuentes radiactivas deben serán convenientemente acondicionadas y confinadas en contenedores adecuados, dependiendo generalmente de su actividad. En el caso presente, la fuente adopta la llamada forma especial, para las cuales no hay más limitación que su actividad que la aprobada en cada caso por la autoridad competente. Las muestras radiactivas para su transporte deben ir dispuestas en embalajes, conjuntos de elementos necesarios para garantizar los requisitos de seguridad radiológica. El conjunto de fuente y embalaje recibe el nombre de bulto. Los embalajes más habituales se clasifican en dos grandes grupos. El Tipo A, corresponde a embalajes que deben ser capaces de soportar las condiciones de transporte sin mermar de sus características de condición y blindaje, pero en cambio, no se las exige que resistan condiciones de accidentes. Los embalajes tipo B, en cambio, deben soportar no sólo las condiciones de transporte, sino los efectos de un accidente, conservando las condiciones de su contenido y blindaje. El único límite de actividad transportable en estos embalajes, corresponde al fijado en el certificado de aprobación correspondiente. Los embalajes usados para el transporte de fuentes gammagráficas son los llamados del Tipo B (U), que sólo requieren la aprobación de la autoridad competente del país de origen. Los bultos Tipo B deben resistir satisfactoriamente ensayos de penetración, caída

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 12 de 17

libre, temperatura (800°C) e inmersión en agua, sin mermar sus características establecidas para dicho fin.

5.2 Descripción del Vehículo en que se Transportará la Fuente y las Disposiciones para asegurar el Embarque Durante Transferencias u Otras paradas en la Ruta.

Durante el transporte del material radiactivo, a excepción de los bultos de Categoría Blanca, han de mantenerse separados de:

- Lugares habitados.
- Lugares de trabajo normalmente ocupados.
- Espacios dentro de los medios de transporte que puedan estar ocupados de un modo continuo por pasajeros.
- Películas o placas radiográficas sin revelar, de manera que no reciban una exposición acumulada equivalente a más de 10 mrem (10 μ Sv).

Todos los trabajadores que participan en las operaciones de transporte y almacenamiento recibirán las instrucciones necesarias respecto a los riesgos anejos a las mismas y de las precauciones que deben observarse al manipular con bultos que contengan materiales radiactivos.

5.3 Asignación de Responsabilidades y Calificación del Personal.

A continuación se identifican las responsabilidades dentro del Plan de Seguridad Física en el Transporte de Fuentes Radiactivas.

Responsable de la Seguridad de la Empresa.

- Tiene a su cargo la elaboración, implementación, actualización, coordinación y velar por el cumplimiento del plan de seguridad física para el transporte de fuentes Radiactivas.

Responsable del Transporte de los Pasajeros y fuentes Radiactivas (CONDUCTOR).

- Ejecutar las responsabilidades que correspondan a su cargo en el Plan de Seguridad Física del Transporte de Fuentes Radiactivas, comunicar y ayudar en la mejora e implementación del plan.

Responsabilidades como Operador de Equipos de Gammagrafía Industrial.

- Tiene la labor de ejecutar el plan de Seguridad Física en el Transporte de Fuentes Radiactivas, también colaborar en la elaboración, actualización, coordinación y velar por el cumplimiento de dicho plan de seguridad.

Relación de Personal Involucrado en el Transporte de las Fuentes Radiactivas.

Nombre : Luis A Carbajal Padilla OPR.

Cargo : Responsable de la Seguridad de la Empresa y del Transporte de pasajeros y fuentes radiactivas.

Nombre : Blas Antonio Carbajal Padilla OPR.



	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 13 de 17

5.4 Descripción de las amenazas a la seguridad.

Mediante un robo, en la actualidad en el País se vive un clima de inseguridad ciudadana, y las empresas que trabajan con material radiactivo no estamos al margen de estos sucesos, una amenaza latente son los robos que pueden sufrir los vehículos que transportan material radiactivo.

Un robo se puede perpetrar tanto cuando el vehículo está detenido, esto se puede dar en las paradas programadas, por eventuales inconvenientes que el vehículo pueda presentar y también de necesidad por la propia congestión vehicular, o cuando esté en movimiento puede ser víctima de un asalto o secuestro, sin ser necesariamente el robo de la Fuente el Móvil del delito podemos estar frente a una situación de emergencia.

Mediante un Hurto o Sabotaje, puede presentarse por parte del personal que traslada la fuente radiactiva, al tener acceso directo a ella en su traslado al lugar de trabajo, puede darse en dos casos; por el personal que traslada el vehículo (conductor) ya que en el transcurso del traslado la fuente siempre debe de estar dentro del Vehículo, y éste es quien está a cargo del vehículo, también puede ser sustraída por parte del personal operador ya que este personal tiene acceso al embalaje y pudiera ser sustraído en alguna parada programada, o en alguna parada forzosa.

Mediante Falla mecánica o eléctrica, una de las medidas de seguridad son las comunicaciones constantes, si fallará la comunicación con el exterior de parte del personal que realiza el traslado no se podría informar sobre alguna amenaza o emergencia que se pudiera presentar, de igual forma si el vehículo sufriera algún desperfecto mecánico y no se encontrara en condiciones adecuadas de traslado, se expondría al personal y a la fuente a estados de inseguridad.

Mediante un Accidente de Tránsito, se pueden tomar todas las medidas necesarias para evitar un accidente de tránsito, pero no estamos ajenos a sufrir uno, esto se puede convertir en una amenaza a la seguridad física del personal y de la fuente que se traslada dependiendo de la gravedad del accidente, ya que nos podemos encontrar en una situación de emergencia con un choque frontal o volcadura del vehículo.

5.5 Descripción de las Medidas de Seguridad a Emplearse teniendo en cuenta los Requisitos de la Norma.

A) Sistema de Seguridad Mediante Hoja de Ruta.

Se realizará una hoja de ruta cada vez que un vehículo traslade una fuente Radiactiva, la hoja de ruta la deben de elaborar el conductor, Responsable de Seguridad Empresa y/o el O.P.R., el conductor debe de estar familiarizado con la ruta a seguir, antes de iniciar su recorrido debe analizarse el mismo, si se encontrase alguna posible deficiencia o anomalía debe de tomarse alguna ruta alterna especificada en la hoja de ruta, este documento debe de registrar el lugar y hora de partida, avenidas o zonas por donde se va a transportar la fuente Radiactiva, posibles rutas alternas a tomar, números telefónicos de emergencia o de los puestos de control de las jurisdicciones de la PNP donde se va a transitar, Tiempo estimado de llegada, este empleo de hoja de ruta es indispensable para identificar posibles zonas de robo y asalto y áreas de poco tránsito donde se pueda evitar las contingencias del tráfico e incrementar las probabilidades de sufrir daños tanto físicos como materiales.

Se deberá de entregar una copia de la hoja de ruta al personal administrativo.

B) Sistema de Seguridad Mediante Monitoreo del Vehículo.

OFICINA PRINCIPAL TALARA URB. Aproviser C2-11 2da Etapara Paríñas Teléfono : 073387973
Web: www.nit.com.pe

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 14 de 17

Se llevará un registro de monitoreo vía radio o celular por personal del centro de operaciones (Nivel II, laboratorista, etc.), el monitoreo debe de realizarse en lapsos programados de acuerdo a la Hoja de ruta, en viajes dentro de una localidad o Región se realizará como mínimo 2 llamadas de similar intervalo de tiempo para confirmar la ubicación de la unidad, repartidos entre el tiempo de inicio y tiempo estimado de llegada, cuando no se encuentre respuesta alguna después de agotar los medios de comunicación posibles se comunicará a las autoridades correspondientes que se está ante una posible emergencia, este sistema de seguridad ayudará a vigilar el traslado de la fuente radiactiva y mantendrá alerta al centro de operaciones y a la unidad de posibles amenazas suscitadas en pleno traslado.

C) Sistema de Seguridad mediante un control del Mantenimiento Vehicular.

Es fundamental llevar una revisión de las unidades de la empresa, ya que esto evitará que se presenten con mayor incidencia los desperfectos mecánicos o eléctricos en horas del traslado del personal y de la fuente.

El registro de la Revisión vehicular, deberá de contener el lugar, fecha y hora de la Revisión, documentación vigente requerida para la circulación del vehículo, conformidad del sistema eléctrico y sistema mecánico del vehículo, revisión de los elementos de seguridad como triángulos, extintor, llanta de repuesto, las observaciones o recomendaciones para el posterior mantenimiento y la firma del responsable del Vehículo (conductor).

La Revisión del Vehículo se realizará semanalmente, si se diera alguna observación con respecto al estado del vehículo, se comunicará al R.S.R.F.E., para que sea subsanada dicha observación, a su vez se realizará un mantenimiento Vehicular en un taller especializado cada 5000 Km.

D) Sistema de Seguridad Física mediante control de Manejo y Velocidad.

Todo conductor que movilice personal y fuentes radiactivas debe de respetar el Plan de Seguridad Física en el Transporte de Fuentes Radiactivas y las normas de tránsito vigentes, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

1. Respetar los Límites de Velocidad permitidos (Manejo Defensivo).
2. Queda terminantemente Prohibido, recoger personas que no estén involucradas en el traslado de la Fuente.
3. Evitar ingresar por zonas que no estén comprendidas en la hoja de Ruta.
4. Comunicar de posibles congestiones y aglomeraciones de personas en el recorrido de la hoja de Ruta.
5. Estar siempre alerta e identificar posibles amenazas a la seguridad Vehicular, como intentos de Robo o pandillaje.
6. Todo Vehículo de la Empresa llevará en la parte posterior una calcomanía indicando los números telefónicos para informar posibles infracciones de parte del personal Conductor.
7. Se contabilizarán las faltas u omisiones cometidas por los miembros del Grupo de trabajo, pudiendo ser amonestados y causa de despido la sumatoria de dichas faltas. No solo es función del conductor cumplir con las recomendaciones expuestas, también es deber de los encargados del traslado de la fuente hacer cumplir estas disposiciones.

6. MATERIAL Y EQUIPO.

Etiquetas de señalización.	Candados
Material de construcción: Concreto.	Extintor

OFICINA PRINCIPAL TALARA URB. APROVISER C2-11 2da Etapara Paríñas Teléfono : 073387973
Web: www.nit.com.pe

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 15 de 17

Material de la puerta: Plancha de acero. cámaras para visión diurna y nocturna

ANEXOS



OFICINA PRINCIPAL TALARA URB. Aproziver C2-11 2da Etapara Parifas Teléfono : 073387973
 Web: www.nit.com.pe

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 16 de 17

BUNKER.

Ingreso principal del al bunker.



Interior del bunker.



OFICINA PRINCIPAL TALARA URB. Aproviser C2-11 2da Etapara Parifas Teléfono : 073387973
 Web: www.nit.com.pe

	PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA NIT-PSF-001	Revisión	Fecha de emisión	Nº de hojas
		0	01/10/2016	Página: 17 de 17

Tapa principal del bunker.



Vista de las cámaras de seguridad.




 Benilde Ceron Ramos
REG. MINEL. 01-02-MJ-AT-07

OFICINA PRINCIPAL TALARA URB. Aproviser C2-11 2da Etapara Parifas Teléfono : 073387973
 Web: www.nit.com.pe

RELACIÓN DOCUMENTARIA PRESENTADA.

1º FORMULARIO N° 02.

2º DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

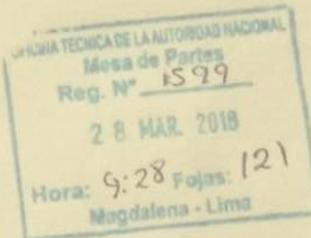
3º INFORME DE SEGURIDAD.

4º RELACIÓN DE DETECTORES Y DISPOSITIVOS.

5º PROCEDIMIENTOS:

- N° 001 PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD FISICA.
- N° 002 MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLOGICA.
- N° 003 RECAMBIO DE FUENTES.
- N° 004 PLAN DE EMERGENCIA RADIOLOGICA.

6º BAUCHER DEPOSITO BANCO DE LA NACIÓN.
08461480 – 5 - C



Lima, 26 Marzo del 2018.

NIT SAC.

NDT INSPECTION TECHNOLOGIES S.A.D.
Benilde Ceron Ramos
INSO NIVEL II VT-PT-MJ-RT-UT

ANEXO 5. CÁLCULO DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN PARA TOMA RADIOGRAFICA

		
DATOS		INGRESE VALOR
DFP	Distancia fuente radiactiva - película, en pulgadas.	
t:	Espesor total de pared que atraviesa la radiación, en pulgadas	
A:	Actividad actual de la fuente radiactiva (en Curies)	
FP:	Factor de película radiográfica (en Roentgens)	
ε	Factor gamma de la fuente radiactiva Ir-192: ((R.m2) / (h.Ci))	
h	Constante hemirreductora del acero (en milímetros)	
RESPUESTA	Temp. Pared simple	0° 00' 00''
	Temp. Pared doble	0° 00' 00''

Iridium-192 Exposure to Produce Stated Gross Densities Using 5-mil Front, 10-mil RearLead Screens and 8 minutes. Development at 68°F in Kodak Industrex Manual Developer and Replanisher						
DENSIDAD H&D	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00
PELICULA RADIOGRAFICA	FACTOR DE PELICULA, Fp (en Roentgen, R)					
Dupond 75*	0.006	0.011	0.017	0.023	0.030	0.045
Fuji 150	0.200	0.320	0.440	0.570	0.700	1.000
Dupond 75	0.180	0.340	0.500	0.680	0.890	1.400
Dupond 70	0.270	0.470	0.660	0.850	1.100	1.500
Fuji 100	0.300	0.500	0.730	0.990	1.300	1.900
Agfa D7	0.300	0.500	0.740	1.000	1.300	1.900
Dupond 65	0.440	0.710	1.000	1.300	1.600	2.300
Kodak AA	0.460	0.750	1.100	1.400	1.700	2.400
Agfa D5	0.480	0.830	1.200	1.600	2.000	2.900
Fuji 80	0.620	1.000	1.400	1.900	2.400	3.500
Dupond 55	0.670	1.000	1.400	1.700	2.100	3.000
Kodak T	0.760	1.100	1.500	1.900	2.300	3.100
Agfa D4	0.760	1.300	1.800	2.400	4.000	4.300
Kodak M	1.400	2.200	3.000	3.700	4.400	5.700
Fuji 50	1.500	2.300	3.100	3.800	4.600	6.300
Dupond 45	1.700	2.600	3.500	4.400	5.400	7.300
Dupond 35	1.900	2.900	4.100	5.300	6.700	9.500
Agfa D2	3.700	5.400	7.100	8.700	10.000	13.000
Kodak R	5.400	7.200	9.100	11.000	13.000	16.000

SCHEDULES PIPES CARBON STEEL						
Pipe Size, Inches	O.D. in Inches	5S	10S	STD - 40S	XS - 80S	XXS - 160S
	ESPEJOR NOMINAL DE PARED (pulgadas)					
1/8	0.405		0.049	0.068	0.095	
1/4	0.54		0.065	0.088	0.119	
3/8	0.675		0.065	0.091	0.126	
1/2	0.84	0.065	0.083	0.109	0.147	0.294
3/4	1.05	0.065	0.083	0.113	0.154	0.308
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.179	0.358
1 1/4	1.66	0.065	0.109	0.14	0.191	0.382
1 1/2	1.9	0.065	0.109	0.145	0.2	0.4
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.218	0.436
2 1/2	2.875	0.083	0.12	0.203	0.276	0.552
3	3.5	0.083	0.12	0.216	0.3	0.6
3 1/2	4	0.083	0.12	0.226	0.318	0.636
4	4.5	0.083	0.12	0.237	0.337	0.674
4 1/2	5			0.247	0.355	0.71
5	5.563	0.109	0.134	0.258	0.375	0.75
6	6.625	0.109	0.134	0.28	0.432	0.864
7	7.625			0.301	0.5	0.875
8	8.625	0.109	0.148	0.322	0.5	0.875
9	9.625			0.342	0.5	
10	10.75	0.134	0.165	0.365	0.5	
11	11.75			0.375	0.5	
12	12.75	0.156	0.18	0.375	0.5	
14	14	0.156	0.188	0.375	0.5	
16	16	0.165	0.188	0.375	0.5	
18	18	0.165	0.188	0.375	0.5	
20	20	0.188	0.218	0.375	0.5	
22	22		0.25	0.375	0.5	
24	24	0.218	0.25	0.375	0.5	
26	26			0.375	0.5	
28	28			0.375	0.5	
30	30	0.250	0.312	0.375	0.5	
32	32			0.375	0.5	
34	34			0.375	0.5	
36	36			0.375	0.5	
42	42			0.375	0.5	
48	48			0.375	0.5	



CALCULO DE AREA CONTROLADA & SUPERVISADA EN EXPOSICIONES RADIOGRAFICAS

Registro: IGC-001
Fecha: 13/03/2016
Hoja 01 de 03

LUGAR: TALLER DE PREFABRICADOS DE PERU PIPING SPOOL

EQUIPO DE MONITOREO

Modelo: ND-3000A
Gager Müller
N° Serie: 98970

MARCA: NDS PRODUCTS
CERTIFICADO DE CALIBRACION No: AL6-1685

CALCULOS:

Actividad inicial de fuente en curies (Ci):	44
Fecha actual de la fuente:	25 ago-16
Fecha de entrega de fuente:	22-04-16
N° de Capas Semiconductoras HVL	8

DEFINICIONES:

AREA CONTROLADA: Toda zona en la que se produce una actividad continua de radiación de ionización de intensidad suficiente para controlar las exposiciones normales, para controlar las exposiciones para radiación ionizante de diagnóstico. (Ver estándar IAEA 32,407).
Señal ligera personal autorizada con distancia al objeto de 100.

AREA SUPERVISADA: Toda zona que se establece como zona controlada para el caso de actividad de ionización de intensidad de exposición excepcional, siempre que se establezca una zona de seguridad normal. (Ver estándar IAEA 32,407).
Permisos ligeros de público en general.

(*) NOTA: Para valores intermedios use el valor inmediato superior

DATOS					AREA CONTROLADA: 2.5 µSv/h (Con colimador de Tungsteno de 7 (HV)) (*) DISTANCIA MINIMA DE 100 QUANTOS EN METROS	AREA SUPERVISADA: 0.5 µSv/h (Con colimador de Tungsteno de 7 (HV)) (*) DISTANCIA MINIMA DE 100 QUANTOS EN METROS
Tiempo transcurrido (hrs)	Fecha	Actividad (Ci/h)	Actividad (Bq/h)	N° de Capas Semiconductoras HVL		
24	15/08/2016	70,3	2645,99	8	14,0	24,3
25	16/08/2016	77,5	2888,99	8	13,9	24,1
26	17/08/2016	76,8	2847,24	8	13,9	24,0
27	18/08/2016	76,1	2813,74	8	13,8	23,9
28	19/08/2016	75,4	2780,49	8	13,7	23,8
29	20/08/2016	74,7	2747,48	8	13,7	23,7
30	21/08/2016	74,0	2714,72	8	13,6	23,6
31	22/08/2016	73,3	2712,19	8	13,6	23,5
32	23/08/2016	72,6	2699,91	8	13,5	23,4
33	24/08/2016	71,9	2691,89	8	13,4	23,3
34	25/08/2016	71,2	2677,04	8	13,4	23,1
35	26/08/2016	70,6	2662,46	8	13,3	23,0
36	27/08/2016	69,9	2658,10	8	13,2	22,9
37	28/08/2016	69,3	2643,97	8	13,2	22,8
38	29/08/2016	68,7	2629,06	8	13,1	22,7
39	30/08/2016	68,0	2614,38	8	13,1	22,6
40	31/08/2016	67,4	2600,92	8	13,0	22,5
41	01/09/2016	66,7	2589,68	8	12,9	22,4
42	02/09/2016	66,1	2578,66	8	12,9	22,3
43	03/09/2016	65,4	2567,85	8	12,8	22,2
44	04/09/2016	64,9	2557,25	8	12,8	22,1
45	05/09/2016	64,3	2546,86	8	12,7	22,0
46	06/09/2016	63,7	2536,68	8	12,6	21,9
47	07/09/2016	63,2	2526,71	8	12,6	21,8
48	08/09/2016	62,6	2516,94	8	12,5	21,7
49	09/09/2016	62,1	2507,38	8	12,5	21,6
50	10/09/2016	61,4	2497,02	8	12,4	21,5
51	11/09/2016	60,8	2486,85	8	12,3	21,4
52	12/09/2016	60,2	2476,89	8	12,3	21,3
53	13/09/2016	59,7	2467,12	8	12,2	21,2
54	14/09/2016	59,1	2457,54	8	12,2	21,1
55	15/09/2016	58,5	2448,15	8	12,1	21,0
56	16/09/2016	58,0	2438,96	8	12,1	20,9
57	17/09/2016	57,3	2429,95	8	12,0	20,8
58	18/09/2016	56,8	2420,13	8	11,9	20,7
59	19/09/2016	56,4	2410,50	8	11,9	20,6
60	20/09/2016	55,9	2401,04	8	11,8	20,5
61	21/09/2016	55,3	2391,77	8	11,8	20,4
62	22/09/2016	54,8	2382,68	8	11,7	20,3
63	23/09/2016	54,3	2373,77	8	11,7	20,2
64	24/09/2016	53,8	2364,03	8	11,6	20,1
65	25/09/2016	53,3	2354,47	8	11,6	20,0
66	26/09/2016	52,8	2345,08	8	11,5	19,9
67	27/09/2016	52,3	2335,86	8	11,4	19,8
68	28/09/2016	51,8	2326,83	8	11,4	19,7
69	29/09/2016	51,3	2317,99	8	11,3	19,6
70	30/09/2016	50,9	2309,32	8	11,3	19,5
71	01/10/2016	50,4	2300,81	8	11,2	19,4
72	02/10/2016	49,9	2292,48	8	11,2	19,4
73	03/10/2016	49,5	2284,36	8	11,1	19,3
74	04/10/2016	49,0	2276,40	8	11,1	19,2
75	05/10/2016	48,5	2268,60	8	11,0	19,1

(*) NOTA: Para valores intermedios use el valor inmediato superior

COORDINADOR NDT
 FIRMA:
 NOMBRE: RODRIGO ESCOBAR ROMERO
 INSPECTOR ASNT, SNT, TC, 1A
 NIVEL II VT, RT, UT, MT, PT
 FECHA: 13/08/2016

OFICIAL PROTECCION RADIOLOGICA
 FIRMA:
 NOMBRE: Benilde S. Cerón Ramos
 Inspector SNT-TC-1A
 Nivel II RT-PT
 FECHA: 13/08/2016

	CALCULO DE AREA CONTROLADA & SUPERVISADA EN EXPOSICIONES RADIOGRAFICAS	Registro: ISC-001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Fecha: 13/03/2016																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
LUGAR: TALLER DE PREFABRICADOS DE PERU PIPING SPOOL		Hoja 02 de 03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
EQUIPO DE MONITOREO	Seliger Moller Modelo: ND-3070A N° Serie: 98970	MARCA: NDS PRODUCTS CERTIFICADO DE CALIBRACION No: A16-1685																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
HOJA DE DECAIMIENTO DE FUENTE RADIOACTIVA DE IRIIDIO-192																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
SOURCE PRODUCTION & EQUIPMENT CO., INC. 113 Teal Street, St. Rose, LA 70087 USA 504/464-9471 Fax 504/467-7685 LOUISIANA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY RADIOACTIVE MATERIAL LICENSE NUMBER: LA-2966-LOT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
SOLD TO: INGECONTROL S.A.C.		Model: T-5 Serial No: XG2015 Iridium-192 100 Curies Physical Size : 0.106 x 0.110 inches Focal Size: 0.153 inches																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
ANSI N43.8-2007 Classification: 07C43 515 This source complies with IAEA Certificate Of Competent Authority USA/0608/S-96 Special Form Radioactive Material		Wipe Test Results: Less than .001 uci Wipe Test Date: 20-Jul-16 Prepared By: NATHAN G. Shipped in: SPEC C1 EXCHANGER																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Date</th> <th>Curies</th> <th>GBq</th> <th>Date</th> <th>Curies</th> <th>GBq</th> <th>Date</th> <th>Curies</th> <th>GBq</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>22-Jul-16</td><td>98</td><td>3525</td><td>05-Oct-16</td><td>49</td><td>1813</td><td>06-Mar-17</td><td>12</td><td>444</td></tr> <tr><td>24-Jul-16</td><td>96</td><td>3552</td><td>07-Oct-16</td><td>48</td><td>1776</td><td>16-Mar-17</td><td>11</td><td>407</td></tr> <tr><td>27-Jul-16</td><td>94</td><td>3475</td><td>10-Oct-16</td><td>47</td><td>1739</td><td>26-Mar-17</td><td>10</td><td>370</td></tr> <tr><td>28-Jul-16</td><td>92</td><td>3404</td><td>12-Oct-16</td><td>46</td><td>1702</td><td>05-Apr-17</td><td>9</td><td>333</td></tr> <tr><td>31-Jul-16</td><td>90</td><td>3330</td><td>14-Oct-16</td><td>45</td><td>1665</td><td>15-Apr-17</td><td>8</td><td>296</td></tr> <tr><td>03-Aug-16</td><td>88</td><td>3256</td><td>17-Oct-16</td><td>44</td><td>1628</td><td>04-May-17</td><td>7</td><td>259</td></tr> <tr><td>05-Aug-16</td><td>86</td><td>3182</td><td>19-Oct-16</td><td>43</td><td>1591</td><td>20-May-17</td><td>6</td><td>222</td></tr> <tr><td>08-Aug-16</td><td>84</td><td>3106</td><td>22-Oct-16</td><td>42</td><td>1554</td><td>09-Jun-17</td><td>5</td><td>185</td></tr> <tr><td>10-Aug-16</td><td>82</td><td>3034</td><td>24-Oct-16</td><td>41</td><td>1517</td><td>03-Jul-17</td><td>4</td><td>148</td></tr> <tr><td>13-Aug-16</td><td>80</td><td>2960</td><td>27-Oct-16</td><td>40</td><td>1480</td><td>03-Aug-17</td><td>3</td><td>111</td></tr> <tr><td>16-Aug-16</td><td>78</td><td>2886</td><td>30-Oct-16</td><td>39</td><td>1443</td><td>16-Sep-17</td><td>2</td><td>74</td></tr> <tr><td>19-Aug-16</td><td>76</td><td>2812</td><td>02-Nov-16</td><td>38</td><td>1406</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21-Aug-16</td><td>74</td><td>2738</td><td>04-Nov-16</td><td>37</td><td>1369</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23-Aug-16</td><td>73</td><td>2701</td><td>07-Nov-16</td><td>36</td><td>1332</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24-Aug-16</td><td>72</td><td>2664</td><td>10-Nov-16</td><td>35</td><td>1295</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26-Aug-16</td><td>71</td><td>2627</td><td>14-Nov-16</td><td>34</td><td>1258</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27-Aug-16</td><td>70</td><td>2590</td><td>17-Nov-16</td><td>33</td><td>1221</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29-Aug-16</td><td>69</td><td>2553</td><td>20-Nov-16</td><td>32</td><td>1184</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31-Aug-16</td><td>68</td><td>2516</td><td>24-Nov-16</td><td>31</td><td>1147</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>01-Sep-16</td><td>67</td><td>2479</td><td>27-Nov-16</td><td>30</td><td>1110</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>03-Sep-16</td><td>66</td><td>2442</td><td>01-Dec-16</td><td>29</td><td>1073</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>04-Sep-16</td><td>65</td><td>2405</td><td>05-Dec-16</td><td>28</td><td>1036</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>06-Sep-16</td><td>64</td><td>2368</td><td>09-Dec-16</td><td>27</td><td>999</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>08-Sep-16</td><td>63</td><td>2331</td><td>13-Dec-16</td><td>26</td><td>962</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10-Sep-16</td><td>62</td><td>2294</td><td>17-Dec-16</td><td>25</td><td>925</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11-Sep-16</td><td>61</td><td>2257</td><td>21-Dec-16</td><td>24</td><td>888</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13-Sep-16</td><td>60</td><td>2220</td><td>26-Dec-16</td><td>23</td><td>851</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15-Sep-16</td><td>59</td><td>2183</td><td>31-Dec-16</td><td>22</td><td>814</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17-Sep-16</td><td>58</td><td>2146</td><td>05-Jan-17</td><td>21</td><td>777</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19-Sep-16</td><td>57</td><td>2109</td><td>10-Jan-17</td><td>20</td><td>740</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21-Sep-16</td><td>56</td><td>2072</td><td>16-Jan-17</td><td>19</td><td>703</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23-Sep-16</td><td>55</td><td>2035</td><td>21-Jan-17</td><td>18</td><td>666</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25-Sep-16</td><td>54</td><td>1998</td><td>26-Jan-17</td><td>17</td><td>629</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27-Sep-16</td><td>53</td><td>1961</td><td>03-Feb-17</td><td>16</td><td>592</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29-Sep-16</td><td>52</td><td>1924</td><td>10-Feb-17</td><td>15</td><td>555</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>01-Oct-16</td><td>51</td><td>1887</td><td>16-Feb-17</td><td>14</td><td>518</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>03-Oct-16</td><td>50</td><td>1850</td><td>26-Feb-17</td><td>13</td><td>481</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Date	Curies	GBq	Date	Curies	GBq	Date	Curies	GBq	22-Jul-16	98	3525	05-Oct-16	49	1813	06-Mar-17	12	444	24-Jul-16	96	3552	07-Oct-16	48	1776	16-Mar-17	11	407	27-Jul-16	94	3475	10-Oct-16	47	1739	26-Mar-17	10	370	28-Jul-16	92	3404	12-Oct-16	46	1702	05-Apr-17	9	333	31-Jul-16	90	3330	14-Oct-16	45	1665	15-Apr-17	8	296	03-Aug-16	88	3256	17-Oct-16	44	1628	04-May-17	7	259	05-Aug-16	86	3182	19-Oct-16	43	1591	20-May-17	6	222	08-Aug-16	84	3106	22-Oct-16	42	1554	09-Jun-17	5	185	10-Aug-16	82	3034	24-Oct-16	41	1517	03-Jul-17	4	148	13-Aug-16	80	2960	27-Oct-16	40	1480	03-Aug-17	3	111	16-Aug-16	78	2886	30-Oct-16	39	1443	16-Sep-17	2	74	19-Aug-16	76	2812	02-Nov-16	38	1406				21-Aug-16	74	2738	04-Nov-16	37	1369				23-Aug-16	73	2701	07-Nov-16	36	1332				24-Aug-16	72	2664	10-Nov-16	35	1295				26-Aug-16	71	2627	14-Nov-16	34	1258				27-Aug-16	70	2590	17-Nov-16	33	1221				29-Aug-16	69	2553	20-Nov-16	32	1184				31-Aug-16	68	2516	24-Nov-16	31	1147				01-Sep-16	67	2479	27-Nov-16	30	1110				03-Sep-16	66	2442	01-Dec-16	29	1073				04-Sep-16	65	2405	05-Dec-16	28	1036				06-Sep-16	64	2368	09-Dec-16	27	999				08-Sep-16	63	2331	13-Dec-16	26	962				10-Sep-16	62	2294	17-Dec-16	25	925				11-Sep-16	61	2257	21-Dec-16	24	888				13-Sep-16	60	2220	26-Dec-16	23	851				15-Sep-16	59	2183	31-Dec-16	22	814				17-Sep-16	58	2146	05-Jan-17	21	777				19-Sep-16	57	2109	10-Jan-17	20	740				21-Sep-16	56	2072	16-Jan-17	19	703				23-Sep-16	55	2035	21-Jan-17	18	666				25-Sep-16	54	1998	26-Jan-17	17	629				27-Sep-16	53	1961	03-Feb-17	16	592				29-Sep-16	52	1924	10-Feb-17	15	555				01-Oct-16	51	1887	16-Feb-17	14	518				03-Oct-16	50	1850	26-Feb-17	13	481			
Date	Curies	GBq	Date	Curies	GBq	Date	Curies	GBq																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
22-Jul-16	98	3525	05-Oct-16	49	1813	06-Mar-17	12	444																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
24-Jul-16	96	3552	07-Oct-16	48	1776	16-Mar-17	11	407																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
27-Jul-16	94	3475	10-Oct-16	47	1739	26-Mar-17	10	370																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
28-Jul-16	92	3404	12-Oct-16	46	1702	05-Apr-17	9	333																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
31-Jul-16	90	3330	14-Oct-16	45	1665	15-Apr-17	8	296																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
03-Aug-16	88	3256	17-Oct-16	44	1628	04-May-17	7	259																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
05-Aug-16	86	3182	19-Oct-16	43	1591	20-May-17	6	222																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
08-Aug-16	84	3106	22-Oct-16	42	1554	09-Jun-17	5	185																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
10-Aug-16	82	3034	24-Oct-16	41	1517	03-Jul-17	4	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
13-Aug-16	80	2960	27-Oct-16	40	1480	03-Aug-17	3	111																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
16-Aug-16	78	2886	30-Oct-16	39	1443	16-Sep-17	2	74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
19-Aug-16	76	2812	02-Nov-16	38	1406																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
21-Aug-16	74	2738	04-Nov-16	37	1369																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
23-Aug-16	73	2701	07-Nov-16	36	1332																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
24-Aug-16	72	2664	10-Nov-16	35	1295																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
26-Aug-16	71	2627	14-Nov-16	34	1258																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
27-Aug-16	70	2590	17-Nov-16	33	1221																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
29-Aug-16	69	2553	20-Nov-16	32	1184																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
31-Aug-16	68	2516	24-Nov-16	31	1147																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
01-Sep-16	67	2479	27-Nov-16	30	1110																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
03-Sep-16	66	2442	01-Dec-16	29	1073																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
04-Sep-16	65	2405	05-Dec-16	28	1036																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
06-Sep-16	64	2368	09-Dec-16	27	999																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
08-Sep-16	63	2331	13-Dec-16	26	962																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
10-Sep-16	62	2294	17-Dec-16	25	925																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
11-Sep-16	61	2257	21-Dec-16	24	888																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
13-Sep-16	60	2220	26-Dec-16	23	851																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
15-Sep-16	59	2183	31-Dec-16	22	814																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
17-Sep-16	58	2146	05-Jan-17	21	777																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
19-Sep-16	57	2109	10-Jan-17	20	740																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
21-Sep-16	56	2072	16-Jan-17	19	703																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
23-Sep-16	55	2035	21-Jan-17	18	666																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
25-Sep-16	54	1998	26-Jan-17	17	629																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
27-Sep-16	53	1961	03-Feb-17	16	592																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
29-Sep-16	52	1924	10-Feb-17	15	555																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
01-Oct-16	51	1887	16-Feb-17	14	518																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
03-Oct-16	50	1850	26-Feb-17	13	481																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
FIRMA: NOMBRE: EDUARDO ESCOBAR ROMERO INSPECTOR ASNT SMT-TC-1A NIVEL II VE KE WE ME PF		FIRMA: NOMBRE: Benilde S. Caron Ramos Inspector SMT-TC-4A NIVEL II RT-PT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

**TABLE T-233.2
WIRE IQI DESIGNATION, WIRE DIAMETER,
AND WIRE IDENTITY**

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11

Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.080	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21

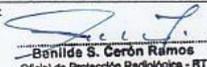
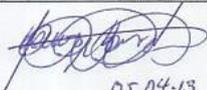
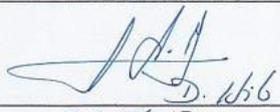
ANEXO 6. REPORTES DE DOSIMETRÍA.

PARTICIPANTE		DOSIS DEL MES EN MILISIEVERTS						DOSIS ANUAL EN MILISIEVERTS			DOSIMETROS					
CODIGO	NOMBRES	SEXO	TP	RAD	EFFECTIVA	CRISTALINO	PIEL	EFFECTIVA	CRISTALINO	PIEL	AJU	REP	MES	AÑO	NUMERO	
01727	PRIETO PEREZ, Armando	M	I		M	M	M	0.00	0.00	0.00			1	7	2012	429151
02185	HUAMANI SAPANA, Zibeon	M	I		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15			3	7	2012	424333
02217	CERON RAMOS, Benilde Sant	M	I		M	M	M	0.00	0.00	0.00			1	7	2012	429152
02559	SIGUAS GONZALES, Luis Ysm	M	I		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25			2	7	2012	424340
11546	SULCA ASPILCUETA, Walter	M	I	PH	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.95			1	7	2012	429153
11917	FUENTES PEREZ, Carlos Jul	M	I		M	M	M	0.00	0.00	0.00			1	7	2012	428637
12029	ROMAINVILLE BONETT, Joel	M	I	PH	1.25	1.25	1.15	2.75	2.75	2.65			4	7	2012	429154
15609	YAMUNAQUE CALDERON, Diego	M	I	PH	2.45	2.45	2.50	4.55	4.55	4.60			6	7	2012	429155
TOTAL CLIENTE					8											

PARTICIPANTE		DOSIS DEL MES EN MILISIEVERTS						DOSIS ANUAL EN MILISIEVERTS			DOSIMETROS					
CODIGO	NOMBRES	SEXO	TP	RAD	EFFECTIVA	CRISTALINO	PIEL	EFFECTIVA	CRISTALINO	PIEL	AJU	REP	MES	AÑO	NUMERO	
01727	PRIETO PEREZ, Armando	M	I		M	M	M	0.00	0.00	0.00			1	1	2013	456520
02073	GUERRERO ZAPATA, Jose Dav	M	I	PH	0.55	0.55	M	0.55	0.55	0.00			1	1	2013	456521
02185	HUAMANI SAPANA, Zibeon	M	I		0.20	M	M	0.20	0.00	0.00			1	1	2013	456522
02217	CERON RAMOS, Benilde Sant	M	I		0.45	M	M	0.45	0.00	0.00			1	1	2013	456523
02559	SIGUAS GONZALES, Luis Ysm	M	I	PH	0.65	0.65	M	0.65	0.65	0.00			1	1	2013	456525
02671	GALLARDO CAMACHO, Luis Ro	F	I		0.10	M	M	0.10	0.00	0.00			1	1	2013	456526
07213	REYES ROQUE, Juan Miguel	M	I		0.10	M	M	0.10	0.00	0.00			1	1	2013	456527
11546	SULCA ASPILCUETA, Walter	M	I	PH	0.75	0.75	M	0.75	0.75	0.00			1	1	2013	456528
12029	ROMAINVILLE BONETT, Joel	M	I	PH	0.70	0.70	M	0.70	0.70	0.00			1	1	2013	456529
15609	YAMUNAQUE CALDERON, Diego	M	I	PH	0.70	0.70	M	0.70	0.70	0.00			1	1	2013	456530
15776	PANDURO RIOS, Adriel	M	I		M	M	M	0.00	0.00	0.00			1	1	2013	456531
86470	CONTROL AMBIENTE,		I	PH	0.85								1	2013	456534	
86698	CONTROL AMBIENTE 2,		I		M								1	2013	456535	
86698	CONTROL AMBIENTE 2,		I		0.15								12	2012	451471	
TOTAL CLIENTES					14											

PARTICIPANTE		DOSIS DEL MES EN MILISIEVERTS						DOSIS ANUAL EN MILISIEVERTS			DOSIMETROS					
CODIGO	NOMBRES	SEXO	TP	RAD	EFFECTIVA	CRISTALINO	PIEL	EFFECTIVA	CRISTALINO	PIEL	AJU	REP	MES	AÑO	NUMERO	
01773	ESCOBAR ROMERO, Edmundo J	M	I		M	M	M	0.35	0.00	0.00			6	10	2016	680105
02217	CERON RAMOS, Benilde Sant	M	I		0.10	M	M	1.60	1.25	0.00			6	10	2016	680106
07213	REYES ROQUE, Juan Miguel	M	I	PH	1.45	1.45	M	6.65	5.10	0.00			11	10	2016	680107
11546	SULCA ASPILCUETA, Walter	M	I		0.50	M	M	11.20	9.85	8.05			9	10	2016	680108
12000	LAVANDER BRIZUELA, José L	M	I	PH	2.50	2.50	2.40	5.30	4.35	2.40			6	10	2016	680109
21470	MARTINEZ FRANCA, Martin	M	I		0.15	M	M	1.10	0.95	0.00			3	10	2016	680110
86470	CONTROL AMBIENTE,		I		M								10	2016	680111	
TOTAL CLIENTE					7											

ANEXO 7. EMISIÓN DE REPORTES END.

		PROYECTO: RPC PISCO PESQUERAS															
		INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA															
		CLIENTE: CONTUGAS					FECHA: sábado, 06 de abril de 2013										
					REPORTE N°: INF-INDUCIDOS-RT-002												
					Hoja: 1 DE 1												
PROCEDIMIENTO: IGC-IGR-101			Rev. N°: 1		UBICACIÓN: RAMAL PISCO PESQUERAS Ø12"												
MATERIAL: API 5L Grado X42M PSL 2			DIAMETRO: 10"			ESPESOR: 11.13 mm											
ISÓTOPO: Iridio-192			ACTIVIDAD (Ci): 19 Ci			Diametro del Isotopo x Long.: 2.69 x 2.42 mm			DISTANCIA FOCAL: 162 mm			Película: AGFA D5					
									Tamaño: 800 mm								
IQI N°: B - 7 - ASTM E 747			Localización IQI: F			Técnica de Exposición: SWE/SWV			Tiempo de Exposición: 33 Seg								
T. JUNTAS INSP.: 1			N° EXPOSICIONES: 1			ESPECIFICACIÓN: API 1104: 20th Edition.			DENSIDAD: 2.0 - 4.0								
JUNTA	SOLDADOR	C	IP/IPD	IF/IFD	IC	BT	ESI	ISI	P	CP	HB	EU	IU	AI	ICP	RESULTADO	COMENTARIOS
A			X	X			X									R	ISI (16-16.5) IF (22-24.5)/(27-32)
B			X													AC	IP (44-45)
C							X									R	ESI(57-60) (74-75.5)
/																	
OBSERVACIONES: Se inspecciono UNA junta de Ø10". Probeta de Defectos Inducidos.																	
IP/IPD: inadequate penetration without high-low/ due to hi-lo IF: Incomplete fusion IC: internal concavity BT: Burn-through ESI/ISI: Elongated slag inclusions/ isolated slag inclusions P: Porosity																	
CP: Cluster porosity HB: Hollow-bead porosity EU/IU: External undercutting/Internal undercutting ICP: inadequate cross penetration C: Crack AI: Accumulation of imperfections																	
AC: Aceptado R: Rechazado																	
INGECONTROL S.A.C.			CONSORCIO GMC						CONTUGAS								
NOMBRE:  Benilde S. Cerón Ramos Oficial de Protección Radiológica - RT SNT-TC-1A Nivel II RT, FT, UT INGECONTROL S.A.C.			 05.04.13 NEVER AYBAR						 D. W. G. 06.04.13								
FECHA: ABRIL 06 DE 2013																	

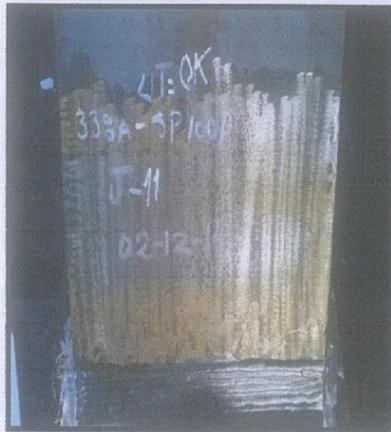


REPORTE DE INSPECCION POR ULTRASONIDO

Código:	SVP-PRO-UT-016
Revisión:	00
Fecha:	28-jun-11
Página:	1 de 1

Cliente: TECNICAS METALICAS INGENIEROS S.A.C **Procedimiento №:** SVP-PRO-UT-016 **Reporte №:** 1571/14
Proyecto: FABRICATION OF STRUCTURAL AND MISCELLANEOUS STEEL **OT:** 033-13 **Descripción:** SUPPORT
Tipo de Material: A992 **CV-FLUOR-P.O. No:** A6CV-2-0002 **Espesor:** 19 mm
Proceso de Soldadura: FCAW **Diseño de Junta:** Bisel en T
Equipo: EPOCH 4 / Version 1.19 **Sensibilidad:** 56 dB al 80% FSH **Patrón:** ITW
Transductor: 2.25 MHz **Angulo:** 70° **Dimensiones:** 0.625" x 0.625"
Numero de Juntas Inspeccionadas: 3 **Longitud Inspeccionada:** 1480 mm
Lugar de Inspección: Técnicas Metálicas Planta I **Fecha de Inspección:** 02/12/2014
Criterios de Aceptación: AWS D1.1 Ed.2010 (Tabla 6.3 - Conexiones cargadas ciclicamente)

CODIGO	INICIO (mm)	FIN (mm)	ANGULO DEL TRANSDUCTOR	SUPERFICIE DE INSPECCION	LEG	DECIBELES (dB)				DISCONTINUIDAD					EVALUACION DE LA DISCONTINUIDAD	SOLDADOR
						Nivel Indic.	Nivel Ref.	Factor Atenuac.	Valor Indic.	LONGITUD (mm)	DISTANCIA ANGULAR	PROFUNDIDAD DESDE SUPERF.	DISTANCIA (mm)			
						a	b	c	d				DESDE X	DESDE Y		
338A-SP1001																
J 9	0	370	70°	Cara A	I - II	61	56	1	5	150	39.9	9-12	30	+1	R	S-705
J 10	0	370	70°	Cara A	I - II	----	56	----	----	----	----	----	----	----	A	S-713
J 11	0	370	70°	Cara A	I - II	----	56	----	----	----	----	----	----	----	A	S-713
J 12	0	370	70°	Cara A	I - II	----	56	----	----	----	----	----	----	----	A	S-705



Certificamos que lo establecido en este Reporte es correcto y que las soldaduras fueron preparadas y probadas de acuerdo con los requerimientos de la sección 6, parte F del código AWS D1.1 Edición 2010.

SERVIPETROL PERU S.A.	CLIENTE	SUPERVISION
 Benito S. Coron Ramos SERVIPETROL PERU S.A. INYB II SNT-TC-1A SVP-UT-025	 Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C. WILLIAMS D. GOMEZ Q. INSPECTOR QC ASNT-SNT-TC-1A-VT / PT LEVEL II	
Fecha de inspección: 02 - Diciembre - 2014	Fecha:	Fecha:

	REPORTE DE INSPECCION POR TINTES PENETRANTES	DOC. 001PT PROC.NIT Fecha: 20/02/13 Rev. 0
		Pág. 1 de 1

Información General		NIT-001-PT-2015
Ciente Proyecto Lugar de Inspección Fecha de Inspección Descripción de la pieza ensayada Tipo de material Cantidad de soldadura inspeccionada Zona de inspección Acabado Superficial Equipo Usado	Technical Solutions E.I.R.L. Ampliación de Combustible Líquido. Estación de Servicio Gasocentro Próceres – PECSA E.S Próceres. 06 de Julio del 2015. Tubería – ranura. ASTM A53 – Gr B. 2 Juntas de 1" espesor 3.91 mm. Zona de soldadura y ZAC. Preparación de superficie por medio mecánico.	
Marca : Magnaflux Corp. Penetrante : SKL-SP2	Removedor : Solvente SKC - S Revelador : SKD-S2	

Condiciones del Ensayo	
Procedimiento De Inspección N°. Norma o Código Aplicable Método de Inspección. Temperatura. Intensidad de Luz Negra.	NDT-PT-001 Rev.2014 API 1104 – Asme B31.3 Visible 25-28 °C N/A

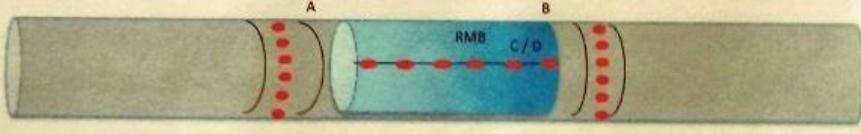
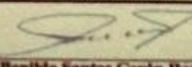
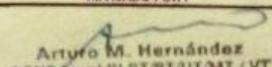


UBICACIÓN DE DISCONTINUIDADES						
Numero Junta	Zona y localización de discontinuidades y/o defectos	Soldador	Forma de Indicación		Dimensión de Indicación	Resultado
			Lineal	Redonda		
J1	-	W-WAC	-	-	-	Aceptable
J2	-	W-WAC	-	-	-	Aceptable

Observaciones
Juntas soldadas carentes de indicaciones subsuperficiales.

Abreviatura de Discontinuidades de Soldadura			
Porosidad Aislada	P	Falta de Fusión	IF
Fisura Transversal	FT	Porosidad Anidada	CP
Fisura Longitudinal	FL	Falta Penetración	IP

Datos del Inspector		
		

 INTERNATIONAL INSPECTING AGENCY		REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO															
I. INFORMACIÓN GENERAL																	
OBRA: INSTALACIÓN DE CAMISAS DE REFORZO EN DUCTO NORTE PERUANO																	
CLIENTE: PETROLEOS DEL PERU-PETROPERU S.A																	
CONTRATISTA: INTERNATIONAL INSPECTING AGENCY																	
LUGAR DE LA INSPECCIÓN:	PROGRESIVA	481 + 628.4	N° REPORTE	002	FECHA DE INSPECCIÓN												
2. IDENTIFICACIÓN DEL ELEMENTO A INSPECCIONAR (TUBERIA)																	
DISTANCIA ENTRE JUNTAS (m)	12	DIAMETRO [Pq]	36	ESPESOR DE MAT (mm)	9.5												
CARACTERÍSTICAS	ACEPTABLE	LONG. DE CIRCUNFERENCIA (mm)	2952	TIPO DE MATERIAL	API 5L GRADO 52												
3. DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPAMIENTO Y TRANSDUCTOR UTILIZADO																	
SERIE DEL EQUIPO	551312161011	MODELO DEL EQUIPO	CTS-59	MARCA DEL EQUIPO	SIIJI												
SERIE DEL TRANSDUCTOR	51621026	MODELO DEL TRANSDUCTOR	TG5M-10L	MARCA DEL TRANSDUCTOR	SIIJI												
DIAMETRO TRANSDUCTOR (mm)	12	FRECUENCIA	5 MHz	VELOCIDAD U. (m/s)	5920												
BLOQUE DE CALIBRACIÓN Y SERIE	STEP BLOCK		SERIE DEL BLOQUE DE CALIBRACIÓN		2303												
4. DATOS GENERALES																	
PROCEDIMIENTO	IIA-P-UT-TB-01D																
METODO DE INSPECCIÓN	ASTM 797	TECNICA EMPLEADA			PULSO ECO - CONTACTO												
5. DATOS OBTENIDOS																	
ELEMENTO	CAMISA 1		LONGITUD DE LA CAMISA (mm)	1900													
DISTANCIA ENTRE PUNTOS DE MEDICIÓN LONGITUDINAL (mm)	200.0		DISTANCIA ENTRE PUNTOS MEDICIÓN DE CIRCUNFERENCIAL (mm)	245													
Medición de Espesores donde se ubicara el RMB (mm)																	
Item	Puntos de Medición en Zona a soldar (circunferencial)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Lectura		Promedio	
														Min.	Max.		
1	A	9,22	9,26	9,28	9,22	9,24	9,31	9,29	9,36	9,31	9,35	9,37	9,27	9,22	9,37	9,29	
2	B	9,25	9,24	9,32	9,29	9,23	9,30	9,35	9,33	9,30	9,26	9,29	9,33	9,23	9,35	9,29	
Item	Puntos de Medición en Zona a soldar (longitudinal)	P1		P2		P3		P4		P5		P6		Lectura		Promedio	
															Min.	Max.	
3	C	9,27		9,29		9,22		9,34		9,37		9,31		9,22	9,37	9,31	
4	D	9,28		9,30		9,34		9,21		9,26		9,34		9,21	9,34	9,29	
NOTA: En la tubería los puntos A, B, C y D son las zonas donde se ubicara la camisa soldada.																	
Esquema:																	
																	
6. CONCLUSIONES																	
<ul style="list-style-type: none"> * Verificación del espesor en las zonas y/o áreas correspondiente a la puesta de chaqueta sin presencia de indicaciones relevantes. * Sector de zona a soldar longitudinalmente, en el cuerpo del ducto sin pérdida de espesor teniendo valores promedio (c) 9.31 y (D) 9.29 mm. * Sector de zona a soldar circunferencialmente, en el cuerpo del ducto sin pérdida de espesor, teniendo valores promedio (a) 9.29 y (b) 9.29mm. * Se recomienda uso de RMB de espesor ≥ 9mm pero ≤ 12.5mm. 																	
7. OBSERVACIONES																	
<ul style="list-style-type: none"> * Ducto con revestimiento en condiciones aceptables, excepto en la zona donde se presenta la anomalía. * Superficie del ducto y zona de interés, sin presencia de corrosión. * El área de trabajo no presenta seguridad adecuada en zanja desprendimiento de tierra. 																	
8. RECOMENDACIONES																	
<ul style="list-style-type: none"> * Asegurar acceso adecuado, y estabilidad del ducto. * Limpieza adecuada del ducto a inspeccionar, sobre todo en la zona de interés. 																	
9. REVISIÓN Y APROBACIÓN DE INSPECCIÓN UT																	
EJECUTADO POR:				REVISADO POR:													
 Benilde Santos Cerón Ramos Inspector Nivel II VT-PT-MT-RT-UT InterInspect S.A.C.				 Artyo M. Hernández ASNT Level III PT/RT/UT/MT/VT Cert. N° 97444													
FECHA: 04/05/2017																	



SERVICIO DE INSPECCIÓN
DEL TRAMO I Y II DEL ONP Y ORN



International
Inspecting
Agency

Rev. / Date: 01 / 30.07.2008

Elaborado
ET

Revisado
AH



FOTO 21: Inspección por partículas magnéticas a las uniones soldadas circunferenciales a tope.



FOTO 22: Inspección por partículas magnéticas a las uniones soldadas longitudinales (fleuras).



FOTO 23: Medición del espesor de las RMB's existentes y de la tubería.



FOTO 24: Fotografía panorámica.

Calle Manuel Amat y Juniet Nro. 510 - Oficina 401 - Surco - Lima - Perú
Telf. (01) 28 23063

PETROPERU

ANEXO 8 CERTIFICADOS DE CAPACITACIÓN END.





ANEXO 9. CERTIFICACIONES END ANTERIORES

 <p>LIMA - PERU</p>		2011/002 NOMBRE BENILDE SANTOS CERON RAMOS TIPO DE EXAMEN LIQUIDOS PENETRANTES SNT LEVEL II FECHA DE CERTIFICACION 17 de Octubre de 2011 ESTE CERTIFICADO EXPIRA EL 17 de Octubre de 2014	
ESTUDIOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA Bachiller en Ingeniería Química y Metalúrgica - INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR - IPEN Cursos Teórico - Práctico Nivel II SNT - TC - IA: Inspección Visual, Ultrasonido Industrial, Radiografía Industrial, Líquidos Penetrantes, Seguridad Radiológica (con Licencia IPEN). - INGECONTROL SAC Cursos Teórico - Práctico Nivel II SNT - TC - IA: Inspección Visual, Ultrasonido Industrial, Radiografía Industrial, Líquidos Penetrantes, Tratamientos Térmicos.		RESULTADOS DEL EXAMEN 1-GENERAL 86 X PESO 0.3 = Cg 25.80 2-ESPECIALIZADO 86 X PESO 0.4 = Cg 34.40 3-PRACTICO 91 X PESO 0.3 = Cg 27.30 TOTAL COMPUESTO (Cg)= 87.50	
EXPERIENCIA - TECHINT INSPECTOR CALIDAD: Proyecto Perú LNG - Camisea. - INGECONTROL SAC INSPECTOR SNT - TC - IA NIVEL I: RT, PT, UT: Proyecto 160K - Refinería Cajamarquilla. EPC I I Block 56 - Camisea Upstream Project. Primary Sulfide Project - Cerro Verde Mining. - AH INSPECTWELD - INTERINSPECT INSPECTOR SNT - TC - IA NIVEL I: RT, PT, UT. - INGECONTROL - IPEN - BRASITEST INSPECTOR SNT - TC - IA NIVEL I: RT, PT, Camisea Project NG & NGL - Camisea		Ing. Elmer Martínez ASNT NDT LEVEL III N° 74967 NOMBRE DEL EXAMINADOR NIVEL III  FIRMA DEL EXAMINADOR NIVEL III Dr. Jesús Aymar Alejos NOMBRE DEL GERENTE DE INGECONTROL  FIRMA DEL GERENTE DE INGECONTROL	
ESTA CERTIFICACION SATISFACE TODO LOS REQUISITOS DE LA AMERICAN SOCIETY OF NON - DESTRUCTIVE TESTING DOCUMENT SNT-TC - IA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE CERTIFICACION DE IGC BASADOS EN EXAMENES GENERALES, ESPECIALIZADOS, PRACTICOS, ESTUDIOS Y EXPERIENCIA			

 <p>LIMA - PERU</p>		2011/005 NOMBRE BENILDE SANTOS CERON RAMOS TIPO DE EXAMEN ULTRASONIDO INDUSTRIAL SNT LEVEL II FECHA DE CERTIFICACION 05 de Noviembre de 2011 ESTE CERTIFICADO EXPIRA EL 05 de Noviembre de 2014	
ESTUDIOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA Bachiller en Ingeniería Química y Metalúrgica - INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR - IPEN Cursos Teórico - Práctico Nivel II SNT - TC - IA: Inspección Visual, Ultrasonido Industrial, Radiografía Industrial, Líquidos Penetrantes, Seguridad Radiológica (con Licencia IPEN). - INGECONTROL SAC Cursos Teórico - Práctico Nivel II SNT - TC - IA: Inspección Visual, Ultrasonido Industrial, Radiografía Industrial, Líquidos Penetrantes, Tratamientos Térmicos.		RESULTADOS DEL EXAMEN 1-GENERAL 84 X PESO 0.3 = Cg 25.20 2-ESPECIALIZADO 84 X PESO 0.4 = Cg 33.60 3-PRACTICO 80 X PESO 0.3 = Cg 24.00 TOTAL COMPUESTO (Cg)= 83.00	
EXPERIENCIA - TECHINT INSPECTOR CALIDAD: Proyecto Perú LNG - Camisea. - INGECONTROL SAC INSPECTOR SNT - TC - IA NIVEL I: RT, PT, UT: Proyecto 160K - Refinería Cajamarquilla. EPC I I Block 56 - Camisea Upstream Project. Primary Sulfide Project - Cerro Verde Mining. - AH INSPECTWELD - INTERINSPECT INSPECTOR SNT - TC - IA NIVEL I: RT, PT, UT. - INGECONTROL - IPEN - BRASITEST INSPECTOR SNT - TC - IA NIVEL I: RT, PT, Camisea Project NG & NGL - Camisea		Ing. Elmer Martínez ASNT NDT LEVEL III N° 74967 NOMBRE DEL EXAMINADOR NIVEL III  FIRMA DEL EXAMINADOR NIVEL III Dr. Jesús Aymar Alejos NOMBRE DEL GERENTE DE INGECONTROL  FIRMA DEL GERENTE DE INGECONTROL	
ESTA CERTIFICACION SATISFACE TODO LOS REQUISITOS DE LA AMERICAN SOCIETY OF NON - DESTRUCTIVE TESTING DOCUMENT SNT-TC - IA Y LOS PROCEDIMIENTOS DE CERTIFICACION DE IGC BASADOS EN EXAMENES GENERALES, ESPECIALIZADOS, PRACTICOS, ESTUDIOS Y EXPERIENCIA			

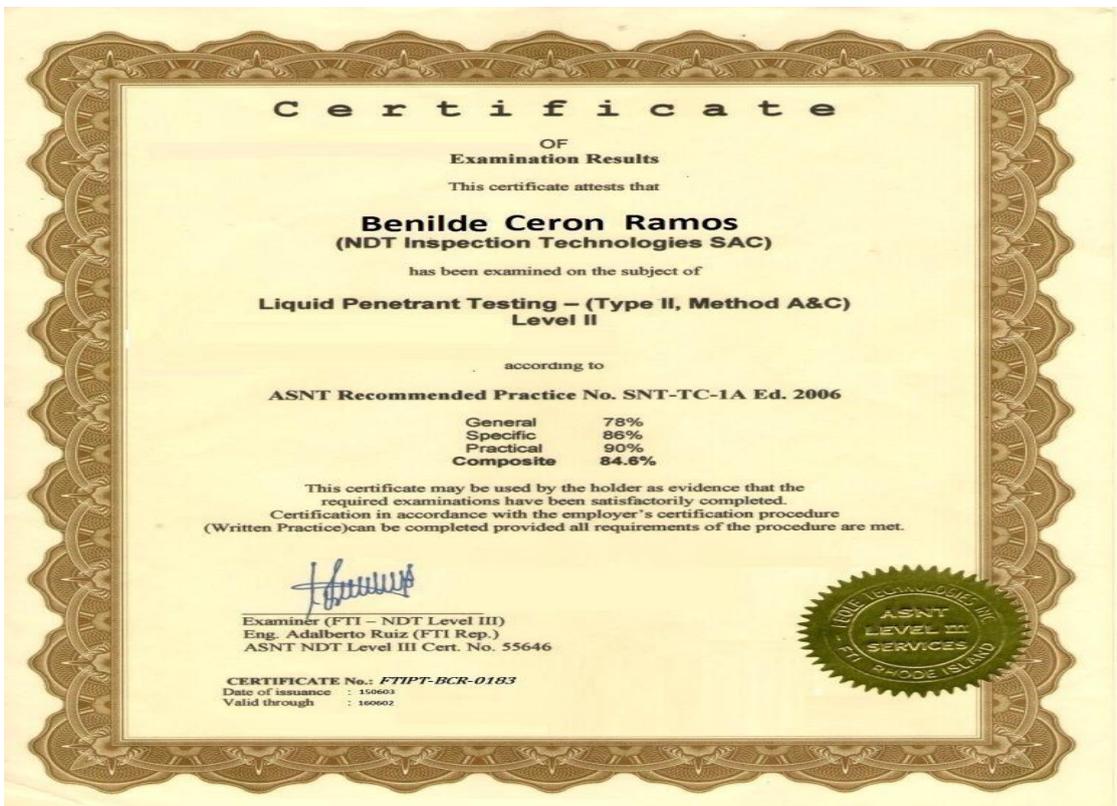


General	81%
Specific	90%
Practical	85%
Composite	85%

This certificate may be used by the holder as evidence that the required training and examinations have been satisfactorily completed. Certification issued by Employer in accordance with certification procedure (Written Practice) can be completed provided all requirements of the procedure are met.

Examiner (FTI - NDT Level III)
Eng. Adalberto Ruiz (FTI Rep.)
ASNT NDT Level III VT Cert. 55646

CERTIFICATE No.: FTIVT-BCR-046
Date of issuance : 141017
Valid through : 171016



General	78%
Specific	86%
Practical	90%
Composite	84.6%

This certificate may be used by the holder as evidence that the required examinations have been satisfactorily completed. Certification in accordance with the employer's certification procedure (Written Practice) can be completed provided all requirements of the procedure are met.

Examiner (FTI - NDT Level III)
Eng. Adalberto Ruiz (FTI Rep.)
ASNT NDT Level III Cert. No. 55646

CERTIFICATE No.: FTIPT-BCR-0183
Date of issuance : 150601
Valid through : 160602





SERVIPETROL PERU S.A.

This Certificate attests that

Benilde Santos Cerón Ramos

Has been examined and satisfactory completed the requirements on the subject of:

Level II in Ultrasonic Testing

Registry No SVP-UT-025

General 82%; Specific 86%; Practical 84%; Composite Score 84%

According to SNT TC—1A 2006 Edition

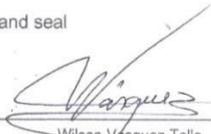
This certificate is issued as evidence that the required examinations; General, Practical and Specific have been completed satisfactorily in accordance with the Employer's Written Practice for NDT personal certification S.V.P.PRO-CP.001-Rev.0. Is Employer responsibility to effectuate annually visual acuity examination

In witness where of we have affixed our signature and seal
This September, 08th of 2014


Henry F. Arenas B.
ASNT NDT LEVEL III
N° 152937

Henry F. Arenas Barreda
ASNT NDT
Level III Id.: 152937

Expiration date:
Sept, 08th of 2019


Wilson Vásquez Tello
Operations Manager
Servipetrol Peru S.A.

ANEXO 10 CERTIFICACIONES END VIGENTES



**INTERNATIONAL
INSPECTING
AGENCY**

www.interinspectperu.com

This Certification is intended for exclusive use on behalf of the Employer. According with Recommended Practice ASNT-TC-1A, the contract employer's certification will remain valid only for the period of the contract. The employer's certification shall be deemed revoked when contract is terminated.

Be known that in accordance to the documentation provided to this certification body and the examination scores below

BENILDE SANTOS CERÓN RAMOS

Has meet the established written and published requirements of ASNT SNT-TC-1A 2016 for level II in

**VT – VISUAL TESTING
WELD – DIRECT INSPECTION**

EXAMINATION RESULTS	MEETS
REQUIRED EXPERIENCE	MEETS
FORMAL TRAINING	MEETS
VISUAL ACUITY EXAM	MEETS
CERTIFICACIÓN NUMBER	C08885903VT
VALID DATE	ENE – 30 – 17
EXPIRATION DATE	ENE – 30 – 19
CERTIFICATION BODY	INTERINSPECT SAC

This certificate is issued as evidence that the required examinations; General, Practical and Specific has been satisfactory completed and the Certification is accordance with INTERINSPECT SAC's written practice, can proceed.

Arturo M. Hernández
SNT Level III PT/UT/MT/VT
Cort. N° 97444

Manager, Training and
Certifications Programs

Arturo M. Hernández Ordíndola
ARTURO HERNÁNDEZ ORDÍNDOLA
REPRESENTANTE LEGAL
INTERINSPECT S.A.C.

General Manager

The certification Process meets the requirements of ISO 17024 / This certificate remains the property of INTERINSPECT SAC and shall be return upon demand. For authentication and valid expiration date verification purposes, contact us to gerencia@interinspectperu.com



**INTERNATIONAL
INSPECTING
AGENCY**

www.interinspectperu.com

This Certification is intended for exclusive use on behalf of the Employer. According with Recommended Practice ASNT-TC-1A, the contract employer's certification will remain valid only for the period of the contract. The employer's certification shall be deemed revoked when contract is terminated.

Be known that in accordance to the documentation provided to this certification body and the examination scores below

BENILDE SANTOS CERÓN RAMOS

Has meet the established written and published requirements of ASNT SNT-TC-1A 2016 for level II in

**PT – PENETRANT TESTING
WELD – SOLVENT REMOVABLE & WATER WASHABLE**

EXAMINATION RESULTS	MEETS
REQUIRED EXPERIENCE	MEETS
FORMAL TRAINING	MEETS
VISUAL ACUITY EXAM	MEETS
CERTIFICACIÓN NUMBER	C08885903PT
VALID DATE	ENE – 30 – 17
EXPIRATION DATE	ENE – 30 – 19
CERTIFICATION BODY	INTERINSPECT SAC

This certificate is issued as evidence that the required examinations; General, Practical and Specific has been satisfactory completed and the Certification is accordance with INTERINSPECT SAC's written practice, can proceed.

Arturo M. Hernández
SNT Level III PT/UT/MT/VT
Cort. N° 97444

Manager, Training and
Certifications Programs

Arturo M. Hernández Ordíndola
ARTURO HERNÁNDEZ ORDÍNDOLA
REPRESENTANTE LEGAL
INTERINSPECT S.A.C.

General Manager

The certification Process meets the requirements of ISO 17024 / This certificate remains the property of INTERINSPECT SAC and shall be return upon demand. For authentication and valid expiration date verification purposes, contact us to gerencia@interinspectperu.com



**INTERNATIONAL
INSPECTING
AGENCY**

www.interinspectperu.com

This Certification is intended for exclusive use on behalf of the Employee. According with Recommended Practice ASNT-TC-1A, the contract employer's certification will remain valid only for the period of the contract. The employer's certification shall be deemed revoked when contract is terminated.

Be known that in accordance to the documentation provided to this certification body and the examination scores below

BENILDE SANTOS CERÓN RAMOS

Has meet the established written and published requirements of ASNT SNT-TC-1A 2016 for level II in

**MT – MAGNETIC PARTICLE TESTING
WELD – YOKE / DRY & WET PARTICLES**

EXAMINATION RESULTS	MEETS
REQUIRED EXPERIENCE	MEETS
FORMAL TRAINING	MEETS
VISUAL ACUITY EXAM	MEETS
CERTIFICACION NUMBER	C08885903MT
VALID DATE	ENE – 30 – 17
EXPIRATION DATE	ENE – 30 – 19
CERTIFICATION BODY	INTERINSPECT SAC

This certificate is issued as evidence that the required examinations; General, Practical and Specific has been satisfactory completed and the Certification is accordance with INTERINSPECT SAC's written practice, can proceed.

Arturo M. Hernández
ASNT Level III PIRT/UT/MT/VT
Cert. N° 57444

Manager, Training and
Certifications Programs

ARTURO HERNÁNDEZ ORDINOLA
REPRESENTANTE LEGAL
INTERINSPECT S.A.C.

General Manager

The certification Process meets the requirements of ISO 17024 / This certificate remains the property of INTERINSPECT SAC and shall be return upon demand. For authentication and valid expiration date verification purposes, contact us to gerencia@interinspectperu.com



**INTERNATIONAL
INSPECTING
AGENCY**

www.interinspectperu.com

This Certification is intended for exclusive use on behalf of the Employee. According with Recommended Practice ASNT-TC-1A, the contract employer's certification will remain valid only for the period of the contract. The employer's certification shall be deemed revoked when contract is terminated.

Be known that in accordance to the documentation provided to this certification body and the examination scores below

BENILDE SANTOS CERÓN RAMOS

Has meet the established written and published requirements of ASNT SNT-TC-1A 2016 for level II in

**UT – ULTRASONIC THICKNESS TESTING
A-Scan / B-Scan**

EXAMINATION RESULTS	MEETS
REQUIRED EXPERIENCE	MEETS
FORMAL TRAINING	MEETS
VISUAL ACUITY EXAM	MEETS
CERTIFICACION NUMBER	C08885903UTTHK
VALID DATE	ENE – 30 – 17
EXPIRATION DATE	ENE – 30 – 19
CERTIFICATION BODY	INTERINSPECT SAC

This certificate is issued as evidence that the required examinations; General, Practical and Specific has been satisfactory completed and the Certification is accordance with INTERINSPECT SAC's written practice, can proceed.

Arturo M. Hernández
ASNT Level III PIRT/UT/MT/VT
Cert. N° 57444

Manager, Training and
Certifications Programs

ARTURO HERNÁNDEZ ORDINOLA
REPRESENTANTE LEGAL
INTERINSPECT S.A.C.

General Manager

The certification Process meets the requirements of ISO 17024 / This certificate remains the property of INTERINSPECT SAC and shall be return upon demand. For authentication and valid expiration date verification purposes, contact us to gerencia@interinspectperu.com

 <p style="text-align: center;">LIMA - PERU</p> <p style="text-align: center;">INGECONTROL S.A.C. CERTIFICACION DE PERSONAL</p>	<p>2016/005</p> <p>NOMBRE: BENILDE CERON RAMOS</p> <p>TIPO DE EXAMEN: RADIOGRAFIA INDUSTRIAL SNT LEVEL II</p> <p>FECHA DE CERTIFICACION: 25 de Abril de 2016</p> <p>ESTE CERTIFICADO EXPIRA EL: 25 de Abril de 2019</p>
<p>ESTUDIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA Echiller en Ingeniería Química y Metalúrgica 1 - Instituto Peruano de Energía Nuclear – IPEN Cursos Teórico-Práctico Nivel II SNT-TC1A Inspección Visual, Radiografía Industrial, Ultrasonido, Líquidos Penetrantes, Seguridad Radiológica. - INGECONTROL S.A.C Cursos Teórico-Práctico Nivel II SNT-TC1A, Radiografía Industrial, Líquidos Penetrantes, Tratamientos Térmicos, 	<p style="text-align: center;">RESULTADO DEL EXAMEN</p> <p>1- GENERAL <u>28</u> X PESO <u>0.3</u> = CG <u>26.40</u></p> <p>2- ESPECIALIZADO <u>56</u> X PESO <u>0.4</u> = CG <u>34.40</u></p> <p>3- PRACTICO <u>54</u> X PESO <u>0.3</u> = CG <u>25.20</u></p> <p style="text-align: right;">TOTAL COMPLETO (Cg)= <u>86.0</u></p>
<p>EXPERIENCIA</p> <ul style="list-style-type: none"> - INGECONTROL S.A.C Inspector Nivel II en RT, PT en el Proyecto Abastecimiento y Construcción de las Redes Troncales Y Ramales del SDGN en el Departamento de Ica- Perú - INGECONTROL S.A.C. Inspector Nivel II en Radiografía Industrial, Ultrasonido y Tintes Penetrantes en el Proyecto Expansión Antamina – Mina Antamina en el Departamento de Ancash –Perú. 	<p style="text-align: center;">Ing. Henry Arenas B. Nivel II ASNT N° 57541-201</p> <p style="text-align: center;">NOMBRE DEL EXAMINADOR NIVEL III</p> <p style="text-align: center;"><i>Henry J. Arenas B.</i> ASNT NDT LEVEL III N° 132937</p> <p style="text-align: center;">FIRMA DEL EXAMINADOR NIVEL III</p> <p style="text-align: center;">Dr. Jesús Alberto Aymar Alejos</p> <p style="text-align: center;">NOMBRE DEL GERENTE DE INGECONTROL</p> <p style="text-align: center;"><i>Jesús Alberto Aymar Alejos</i></p> <p style="text-align: center;">FIRMA DEL GERENTE DE INGECONTROL</p>
<p>ESTA CERTIFICACION SATISFACE TODO LOS REQUISITOS DE LA AMERICAN SOCIETY OF NON - DESTRUCTIVE TESTING DOCUMENT SNT-TC - 1A Y LOS PROCEDIMIENTOS DE CERTIFICACION DE IGC BASADOS EN EXAMENES GENERALES, ESPECIALIZADOS, PRACTICOS, ESTUDIOS Y EXPERIENCIA</p>	

ANEXO 11. ALGUNAS UNIDADES DE ACTIVIDAD DE ENERGÍA y DOSIS.

Actividad: curie (Ci) / becquerel (Bq)

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \mu\text{Ci} = 37 \text{ KBq}$$

$$1 \text{ mCi} = 37 \text{ MBq}$$

$$1 \text{ GBq} = 27 \text{ mCi}$$

$$1 \text{ TBq} = 27 \text{ Ci}$$

Submúltiplos:

$$\text{mili (m)} = 0,001 = 10^{-3}$$

$$\text{micro } (\mu) = 10^{-6}$$

$$\text{giga (G)} = 10^9$$

$$\text{tera (T)} = 10^{12}$$

Dosis

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ JKg}^{-1}$$

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ JKg}^{-1}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

$$100 \text{ Rem} = 1 \text{ Sv} = 100 \text{ mSv}$$

$$1000 \text{ mRem} = 1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv} = 10 \text{ mSv}$$

Dosis detectada:

$$\text{Becquerel: } 1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps}$$

$$\text{Curie : } 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ dps}$$

Dosis absorbida

$$\text{Gray: } 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/Kg} = 100 \text{ rad}$$

ANEXO 12. HOJA MSDS DEL Ir¹⁹².

	Material Safety Data Sheet Iridium-192 (Ir-192)
Issue Date: November 23, 2010	

1.0 Chemical Product and Company Identification

1.1 **Material Identification:** Iridium-192 (Ir-192)

1.2 **Trade Names and Synonyms:**
Iridium-192 (Ir-192 Bulk (not special form))
Iridium-192 (Ir-192 Sealed sources (special form))

1.3 **Company Identification:**
Manufacturer:
QSA Global, Inc.
40 North Avenue
Burlington, MA 01803
Phone Number (781) 272-2000
Fax Number (781) 359-9191

2.0 **Composition, Information or Ingredients:**
Disks of metallic iridium in a stainless steel capsule.

3.0 **Hazard Identification:**
The ionizing radiation emitted from this material can only be detected by an appropriate beta/gamma detector. It cannot be experienced by human sensory systems. Acute exposure to ionizing radiation may result in acute radiation syndrome (ARS). Long term effects are increased risk for cancer and genetic effects.

4.0 **First Aid Measures:**
Remove from source of exposure or take other actions that minimize exposure. Acute exposure to ionizing radiation above applicable regulatory limits requires assessment by a medical professional familiar with radiation injuries.

5.0 **Fire-Fighting Measures:**

5.1 **Extinguishing Media:**
The capsules themselves are not flammable. Use media appropriate to surrounding fire.

5.2 **Special Firefighting Procedures:**
Fire fighters should wear positive pressure, self-contained breathing apparatus, full protective clothing, and alarming radiation monitoring devices. Survey for radioactive contamination in case of suspected capsule integrity failure.

6.0 **Accidental Release Measures:**
Do not approach spilled source(s) or material without appropriate radiation detection instruments. Secure the affected area from access except to save lives. Emergency operations should be conducted in accordance with site emergency plan and with responders spending the minimum possible time in the affected area.

7.0 **Handling and Storage:**
Possession of this material requires a radioisotope license both for the shipper and the consignee and handling must be performed as specified in the license.

7.1 **Handling:**
This material should never be handled directly, but through the use of remote handling tools. All appropriate radiation protection precautions should be utilized. Transport of this material must be in accordance with all applicable regulations.

7.2 **Storage:**
Store this material in an appropriate storage container made of a heavy dense metal such as lead or depleted uranium. Storage must be in accordance with applicable regulations.

8.0 **Exposure Control and Personnel Protection:**
Exposure to the radiation from this material may be mitigated by using remote handling tools, use of a shield, or by minimizing the time of exposure.

8.1 **Respiratory Protection:**
Respiratory protection is not necessary for normal operations with this material because the capsules are sealed. Should the integrity of the capsule be compromised, use an air-purifying respirator with P100 cartridge or equivalent.

8.2 **Protective Clothing:**
Protective clothing is used to prevent radioactive contamination of the skin and does not protect against ionizing radiation. Lead aprons or other lead impregnated materials may reduce exposure somewhat.

9.0 **Chemical and Physical Properties:**
Silver-white very hard metallic element
Melting point: 2450°C. Boiling Point: -4500°C. Sp.Gr. 22.65

Ir-192 is a beta and gamma emitter with the following main energies:

β	Energy, KeV (% Yield)	γ	Energy, KeV (% Yield)
	5.36 (41.33)		316.5079 (82.96)
	6.12 (47.82)		468.0715 (47.64)
	2.56 (3.28)		308.4369 (29.70)
			259.9583 (28.68)

10.0 **Stability and Reactivity:**
Ir-192 decays with a half-life of 73.83 days.

11.0 **Toxicological Information:**
The radiation toxicity from this material exceeds the chemical toxicity of the material for the purpose of mitigating human effects.

12.0 **Ecological Information:**
The effects of this material are expected to be limited in area and scope.

13.0 **Disposal Considerations:**
Dispose of in accordance with all applicable regulations in a facility licensed for radioactive material.

14.0 **Transport Information:**
Transport of this material must be in accordance with all applicable regulations. It must be shipped in approved containers (usually Type B, UN2916 or UN2917).

15.0 **Regulatory Information:**
This MSDS is not required in the United States under the OSHA Hazard Communication Standard, but is produced for such jurisdictions where it is required.

16.0 **Other Information:**
N/A

IMPORTANT

This information is provided as a service to the customers of QSA Global, Inc. QSA Global, Inc. makes no representation whatsoever regarding the accuracy, completeness or acceptability of the information contained in this document and assumes no liability resulting from its use. Suitability of this information for any particular purpose is the sole responsibility of the user.