

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
2. Departamento de Ciencias Nucleares

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Sistemas Estructurales
2. Seguridad Industrial

CAMPO DEL CONOCIMIENTO (Ver Anexo A: Detalle de los campos del conocimiento)

Campo amplio	Campo detallado	Campo específico
Ingeniería, Industria y Construcción	Arquitectura y Construcción	Construcción e Ingeniería Civil

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	X
Energía	
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	

Alcance Territorial (Marque X, solamente una opción)

Institucional	X	Nacional	
Parroquial		Internacional	
Cantonal		No definido	
Provincial			



1	Proyecto de Investigación
Título (mínimo 10 palabras): Resistencia ante Cargas Dinámicas del Irradiador de Cobalto 60 de la Escuela Politécnica Nacional	
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) Posterior al Sismo del 16 de abril de 2016 en la ciudad de Pedernales en la provincia de Manabí – Ecuador, se hace necesario la revisión Estructural de las instalaciones Educativa y de Servicio al Público, Casamata donde se realiza estudios de Investigación relacionados con la aplicación pacífica del uso de Radiación Ionizante. Es así que posterior al estudio de Investigación "Análisis de comportamiento sísmico del Irradiador de Cobalto 60 de la Escuela Politécnica Nacional", se recomienda analizar el caso en que, debido a un evento sísmico, una parte del techo de la Casamata caiga sobre la estructura del Irradiador de Cobalto 60. Previo al estudio "Análisis estructural y reforzamiento del Galpón N°7 Casa Mata correspondiente al Departamento de Ciencias Nucleares de la Escuela Politécnica Nacional", se evidencia anomalías en la parte estructural, como grietas y falta de información referente a las propiedades mecánicas de los materiales en su estado actual. La preocupación de los docentes y personal operativo que desarrollan sus actividades en dicha instalación, solicitan un estudio exhaustivo por seguridad personal y de la ciudadanía en las áreas cercanas a la Institución. Por tal motivo se presentará un modelo matemático, donde se analizarán cargas muertas, vivas, sísmicas y dinámicas para saber , cuál será la respuesta de la estructura actual y sus posibles fallas, en caso de haberlas, como también los riesgos posteriores. Si en los resultados del modelo matemático, saliera la posibilidad de haber fallas como fisuras en el Irradiador de Cobalto 60, se va a realizar el cálculo de la tasa de dosis en las 4 paredes del mismo, considerando únicamente como fuente puntual, con la finalidad de detectar que dichas tasas de dosis superan los límites establecidos en la normativa nacional (10 $\mu\text{Sv/h}$) para el personal ocupacionalmente expuesto, tomando en cuenta la distancia que normalmente se encuentran dichos trabajadores.	
Palabras clave (4-6): Irradiación, cobalto 60, sismicidad, cargas vivas, cargas muertas, cargas dinámicas, grietas, análisis no lineal, pushover.	

2	Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	---

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Analizar la capacidad estructural del Irradiador de Cobalto 60 de la Escuela Politécnica Nacional y determinar la cantidad de irradiación existente en caso de fisuras.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Establecer un parámetro de cargas dinámicas para la falla del Irradiador de Cobalto 60.
- b. Modelar el Irradiador de Cobalto 60 a través del uso del Análisis Pushover para conocer sus posibles fallas.
- c. Determinar la tasa de dosis de irradiación como fuente puntual existente en caso de fisuras del Irradiador de Cobalto 60.



2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. Análisis de las varillas estructurales en situ, para determinar sus propiedades físicas mecánicas.
- b. Determinación de la cantidad de irradiación considerando la estructura real de la fuente, en caso de fisuras del irradiador.
- c. En caso de que la fisura esté dentro del espesor de la pared del irradiador, no se contemplará estudios de atenuación de la irradiación.

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- a. Se procederá a realizar un análisis no lineal de la estructura ante cargas dinámicas para conocer su capacidad de resistencia ante las mismas.
- b. Se procederá a determinar la cantidad de irradiación en caso de fisuras del irradiador para establecer, si la irradiación atenuada con las paredes de la casa mata son dañinas para la ciudadanía externa.

2.3 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Se encontrarán las cargas dinámicas máximas a soportar por parte del Irradiador de Cobalto 60.
- b. Se tabularán los desplazamientos en los ejes tridimensionales del Irradiador de Cobalto 60.
- c. Se encontrará la tasa de dosis de irradiación como fuente puntual en caso de fisuras en el Irradiador de Cobalto 60.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

Para el 16 de abril del 2016 en la ciudad de Pedernales – Ecuador y el 19 de diciembre para la ciudad de Atacames – Ecuador, todos estos eventos acaecidos en el litoral ecuatoriano, evidenciaron las falencias del criterio de diseño estructural [1]. Posterior a estos eventos naturales, las estructuras esenciales deben mantenerse en funcionamiento, para este estudio será el Irradiador Cobalto 60, una estructura muy importante que no debería presentar ningún tipo de grietas y peor aún fallas.

La estructura a ser estudiada está compuesta por muros estructurales [2], la relación de aspecto de un muro tiene una influencia a su comportamiento [9], otro de los aspectos que es de vital importancia en la respuesta sísmica de la estructura es su peso [7], esto quiere decir que a mayor peso mayor afectación en la estructura. Al ser una estructura esencial el comportamiento estructural debe estar en el rango elástico.

La relación que tiene este proyecto respecto a la línea de Investigación Sistemas Estructurales, radica en buscar la información necesaria para ingresar los datos de los materiales al software de estructuras, en el que se realizará la modelación de la estructura y la correcta interpretación de los resultados. Uno de los datos por obtener es los espectros sísmicos destacables en la historia del Ecuador, y en caso de ser posible a nivel mundial.

El análisis corresponderá a un estudio no lineal, para este caso se realizará un análisis Pushover [9], en búsqueda de los mayores desplazamientos en la estructura y posibles agrietamientos. El Hormigón es un material que soporta a muy bien a compresión [3], mientras que el acero es un material que responde a esfuerzo de tensión y flexión. Es así que se unifican estos materiales, para generar el hormigón armado, el material principal de los muros del Irradiador Cobalto 60.

La protección radiológica se define como el conjunto de medidas normativas, métodos y acciones establecidas por los organismos competentes para garantizar que el personal ocupacionalmente expuesto, el público y el medio ambiente no sufran riesgos biológicos debidos a la utilización de las radiaciones ionizantes [10], [11].



Los aspectos reguladores en Protección Radiológica durante la última década han sido en cargados a la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). Esta organización ha preparado publicaciones con la finalidad de orientar a los gobiernos en la organización de su función reguladora [12].

En el Ecuador, el organismo regulador en protección radiológica es la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN), perteneciente al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

El proyecto se enmarca en la línea de investigación del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental: "Sistemas Estructurales" en el área de "Sistemas Estructurales", y dentro de la línea de investigación "Seguridad Industrial" en el área de "Seguridad y Salud Ocupacional" del Departamento de Ciencias Nucleares.

Este proyecto tendrá un impacto científico aplicativo, ya que se utilizará herramientas conocidas como softwares internacionales para la modelación del Irradiador Cobalto 60. Así como para la determinación de la tasa de dosis, se utilizará modelos matemáticos preestablecidos.

4 Impacto de la investigación

4.1 Impacto Social (máximo 250 palabras)

En el edificio N°7 de la Escuela Politécnica Nacional, donde se encuentra el irradiador de Cobalto 60 trabajan 6 personas fijas, que corresponde a la nómina de docentes, técnicos y ayudantes; como también existe un personal flotante de alrededor 5 personas (tesistas), las cuales serían las primeras afectadas en caso de la posible falla de la resistencia del Irradiador de Cobalto 60, debido a los posibles efectos determinísticos, como estocásticos en caso de exposición a la radiación ionizante.

4.2 Impacto Económico (máximo 250 palabras)

Posterior a un evento de cargas dinámicas, como por ejemplo un evento sísmico, las consecuencias económicas, estarían relacionadas con los posibles daños de la estructura, reforzamientos, correcciones de grietas o hasta la construcción de un nuevo irradiador.

4.3 Impacto Político (máximo 250 palabras)

No Aplica

4.4 Impacto Científico (máximo 250 palabras)

La generación de un modelo matemático de alta complejidad, con los datos de las propiedades de los materiales y sus constitutivas, para obtener respuestas a un posible evento que afecte estructuralmente al irradiador de Cobalto 60 ayudará a conocer las posibles fallas en su desempeño estructural, como fisuras en los muros del irradiador. Así como la publicación de los resultados obtenidos en los modelos matemáticos utilizados a nivel estructural y determinación de tasa de dosis.

4.5 Otro Impacto (máximo 250 palabras)

No Aplica



5 Productos esperados

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas y/o patente (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	

6 Descripción, metodología y diseño del proyecto

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El presente proyecto está enfocado a la utilización de software actualizados para la determinación de posibles fallas estructurales, ante cargas dinámicas y modelos matemáticos, para la obtención de la tasa de dosis.

El presente proyecto, constará en 3 fases:

a. Establecer un parámetro de cargas dinámicas para la falla del Irradiador de Cobalto 60.

En años pasados se realizó un estudio referente al "Análisis de Comportamiento Sísmico del –irradiador de Cobalto 60 de la Escuela Politécnica Nacional" [4], dejando el estudio pendiente; la revisión de la influencia de cargas dinámicas como la falla y posible caída del techo de la Casamata y las posibles consecuencias para la estructura identificada como Irradiador Cobalto 60. Como es de conocimiento; para el análisis dinámico, cada estructura tiene un período de vibración, el bunker al ser una estructura de baja altura y muy robusta en sus dimensiones, su período de vibración será muy bajo, consecuentemente la falla de los muros estructurales que la componen deberá ser capaz de resistir los esfuerzos de corte requeridos [5].

Ahora si la estructura está sometida a las cargas: muertas, vivas, sísmicas, la siguiente parte es añadir la influencia de cargas dinámicas, como es una carga en caída libre, en este caso la del techo del galpón. El análisis estructural y reforzamiento del galpón N°7 "Casa Mata" correspondiente al departamento de Ciencias Nucleares de la Escuela Politécnica Nacional [6], dan a conocer que la estructura es sensible ante un evento sísmico ya que no cumpliría con las derivas establecidas en el NEC 2015, hasta la actualidad no se ha realizado un reforzamiento de la estructura del galpón, consecuentemente el Irradiador Cobalto 60, está en riesgo de sufrir diferentes estados de carga simultáneos y esto resultaría en la generación de grietas en la estructura, y efectos de irradiación de rayos gamma.

b. Modelar el Irradiador de Cobalto 60 a través del uso del Análisis Pushover para conocer sus posibles fallas.

Al conocer que la estructura es sensible ante períodos pequeños, esto se relaciona con el espectro elástico de aceleraciones don la fuerza sísmica será tomada en cuenta en su totalidad [7], ya que se espera un comportamiento elástico de la estructura, no se espera tener grietas en la estructura que induzcan a un escape de la irradiación. Si bien es cierto este posible sismo que se pueda dar, no es un sismo frecuente [8], al considerar una estructura de ocupación especial, el posible sismo estaría dado con un período de retorno de 2500 años.

Para conocer el comportamiento de la estructura ante las cargas ya señaladas se procederá a realizar un análisis no lineal, utilizando el procedimiento denominado Pushover [9], este análisis se realizará con el



incremento de cargas sen el tiempo. Adicionalmente se pretende en este estudio, ingresar los espectros de sismos destacados registrados en la historia del Ecuador y en caso de ser posible del planeta. Estos análisis ayudarán a entender de mejor manera el comportamiento de la estructura ante la presencia de las cargas por evaluar.

c. Determinar la tasa de dosis de irradiación como fuente puntual existente en caso de fisuras del Irradiador de Cobalto 60.

Para determinar la tasa de dosis de irradiación cuando no existe blindaje entre la fuente puntual y el punto de interés (H_0), se utilizará un modelo matemático que es función de la actividad actual que tiene la fuente de Co60, la distancia de cada punto a la fuente y la constante de radiación gamma.

Para encontrar el valor de la actividad actual de la fuente de Cobalto 60, se toma en cuenta la expresión matemática de la ley exponencial del decaimiento radiactivo se puede deducir partiendo del hecho de que la actividad de una muestra radiactiva es directamente proporcional al número de radionúclidos. Este decaimiento radiactivo es un proceso de degradación del núcleo que consiste en la emisión de partículas cargadas, neutras o de ondas electromagnéticas, por un núcleo atómico, perdiendo este, masa o energía pura y transformándose en otro elemento o sin convertirse, pero adoptando otro tipo de energía. El proceso es espontaneo, al azar e independiente de los factores externos, del estado químico de los átomos y de sus condiciones físicas [13]

Para la localización de los puntos que van a ser analizados, se utilizará un flexómetro y se medirá a unas distancias de 1,50m o 2m alrededor de las paredes del irradiador de Cobalto 60.

Para encontrar el valor de la constante de radiación gamma, se consultará en bibliografía especializada.

Bibliografía

- [1] Yanchapanta Nicolay, Arévalo, Parra, Ayala, Baquero y Dibujes. (2017). *SEGUNDOS DE REFLEXIÓN DESPUÉS DEL SISMO 16-A / 19-D, volumen (1)*, 5.
- [2] Código NEC SE HM (2015), *ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO*, 2015.
- [3] Wight James. (2016). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. (7 edición). New Jersey, United States of America: PEARSON.
- [4] Salazar, Barros, Santos y Ávila. (2014). Análisis de Comportamiento Sísmico del Irradiador de Cobalto 60 de la Escuela Politécnica Nacional. *REVISTA EPN*, VOL. 34, (Nº. 1), 9.
- [5] Comité ACI 318, (2014). "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2015, pp 117.
- [6] Barragán y Reinoso. (2017). *Análisis Estructural y Reforzamiento del Galpón N°7 "Casa Mata" correspondiente al Departamento de Ciencias Nucleares de la Escuela Politécnica Nacional*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- [7] Código NEC SE DS (2015), *PELIGRO SÍSMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE*, 2015.
- [8] Código NEC SE RE (2015), *RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS*, 2015.
- [9] Yanchapanta Nicolay. (2011). *COMPORTAMIENTO DE PAREDES PORTANTES, ANTE CARGAS VERTICALES Y LATERALES*. (Tesis de Maestría en Estructuras). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.



[10] González, A. (2011). *Seguridad física de las fuentes radioactivas*. Recuperado de http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull434/Spanish/article8_sp.pdf . (Julio, 2018)

[11] Doménech, N. y Haydée, J. (2011). *Seguridad radiológica en la industria, investigación y otros*. Recuperado de <http://www.ceprode.org.sv/staticpages/pdfspa/doc8026/doc8026-d.pdf> (Julio, 2018)

[12] Arias, C. (2010). *Magnitudes y unidades empleadas en protección radiológica*. Recuperado de <http://www.estrucpian.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=2970> (Julio, 2018)

[13] Solis, Nancy. (2015). *Elaboración de modelo analítico para la determinación de Co-60 (⁶⁰Co) en muestras acuosas mediante técnicas de absorción atómica y espectrometría gamma*. (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Orizaba. Veracruz. México

7 | Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

7.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio ZZ	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Tecnología de Radiación	Irradiador de Cobalto 60	Laboratorio de Tecnología de Radiación, Departamento de Ciencias Nucleares

7.2 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.

Profometer PM 600, Detector de armadura longitudinal y transversal en el Irradiador Cobalto 60.
Medidores de tasa de dosis (DCN-LTR) Medición de la tasa de dosis en el Casamata de la Escuela Politécnica Nacional.
Proyector (DCN-LTR) Presentación de resultados.

7.3 Fondos Adicionales

- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)

No cuenta con fondos adicionales