

FACULTAD LIBRE DE DERECHO DE MONTERREY
LICENCIATURA EN DERECHO



“UN MÉXICO NUCLEAR. ACTUALIDAD Y FUTURO”

TESIS QUE EN OPCIÓN A TÍTULO DE
LICENCIADO EN DERECHO

PRESENTA:

DIEGO HOMERO ROSALES GONZÁLEZ

ASESOR DE FONDO: MTRO. JORGE ARMANDO RUBIO MORENO

ASESOR DE FORMA: DR. JOSÉ FABIÁN RUIZ

SANTA CATARINA, N.L

Noviembre 2024

Ciudad Santa Catarina, Nuevo León a 19 de noviembre del 2024

Gracias a mis padres por su amor incondicional y por su apoyo moral en toda mi vida, este logro también es suyo, así mismo quiero agradecer especialmente a mi Tío Alberto por creer en mi incluso en los momentos más difíciles y quien ha sido pilar invaluable en esta trayectoria.

Expresó mi gratitud a mi abuela Diana, a mis tías Ale, Tity y mi Tío Carlos quienes me brindaron su apoyo en todo momento y supieron estar cuando más lo necesitaba. Sin ustedes esto no sería posible.

Agradezco también a la FLDM y su cuerpo docente, que me brindaron las herramientas, enseñanzas y experiencias que me han preparado para destacar en mi vida profesional. Así mismo a mis asesores de tesis por su acompañamiento, consejos y apoyo a lo largo de este año, MUCHAS GRACIAS.

ÍNDICE

PREFACIO

CAPÍTULOS

I. MARCO TÉCNICO Y LEGAL

1. Marco técnico de la energía nuclear 8
2. Marco normativo de la energía nuclear en México 10
 - 2.1 Regulación nacional 11
 - 2.2 Normatividad internacional 18
3. PRODESEN 24

II. SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR

1. Uranio en México 27
2. Central Nucleoeléctrica Laguna Verde 30
3. Organismos relevantes 35
 - 3.1. Nacionales 35
 - 3.2. Internacionales 38
4. Protección Ambiental en materia nuclear 42
5. Análisis comparativo con otros países 48
 - 5.1. Argentina 49
 - 5.2. EUA 50
 - 5.3. Francia 52

III. PROBLEMÁTICA

1. Pobreza Energética 56
2. Derecho Humano a la Energía 58
3. Costo/Beneficio de la producción de energía nuclear 62

IV. FUTURO DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN MÉXICO

1. Visión a 10 años 68
2. Propuesta de Reforma 71

CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

Resumen:

El sector de energía en México se encuentra con una de las principales incógnitas de la producción de energía, ¿Cómo producir energía suficiente, sin contaminar?, yo creo que la respuesta a esa pregunta es: la energía nuclear. Ya que, además la reducción de emisión de gases de invernadero que afecten al ambiente es una de las energías más potentes en el mundo, es decir tiene la capacidad de producir más energía que las no renovables y las limpias. Ejemplo de ellos son los estudios recientes del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) que han mostrado que una sola pastilla de uranio de 5g puede producir la energía equivalente a 3 barriles de petróleo, 900 kg de carbón, 481m³ de gas natural o 2, 268 kg de madera.

Este tipo de energía además de ser limpia, es segura. Debido a la controversia e intereses políticos de la cual se encuentra rodeada la energía nuclear, esta es constante e intensamente regulada y vigilada por tanto organismos nacionales como internacionales, además que, en México, el artículo 27 Constitucional estrictamente establece que el único uso que se le puede dar a esta energía es pacífico.

Abstract:

The energy sector in Mexico is faced with one the long-asked questions when dealing with energy generation, ¿How to generate enough energy, without polluting? I strongly believe the answer to be nuclear energy. This being because, besides the reduction of greenhouse gases emissions that affect the environment, it is also one of the most powerful energies in the world, meaning that it can generate more energy than non-renewables do and even more than green ones. Recent studies from Mexico's Nuclear Research National Institute (ININ, for its spanish initials) have shown that a single uranium fuel tablet can generate the energy equivalent to three oil barrels, 900 kg of coal, 481m³ of natural gas or 268 kg of wood.

Nuclear energy besides being clean, it's also safe. In view of the numerous controversies and political interests surrounding nuclear energy, it is regularly and intensely regulated and supervised by national and international agencies, besides in Mexico, the 27th Constitutional Article strictly dictates that nuclear energy can only have peaceful uses.

Siglas y Vocablos de Importancia para el seguimiento de esta Tesis:

- CNLV: Central Nucleoeléctrica “Laguna Verde”
- ININ: Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
- CNSNS: Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias
- Industria: La industria nacional de generación de energía nuclear
- MW_e: Un millón de watts de energía
- GWH: Mil millones de watts por hora

Prefacio

En la presente tesis, expondré un estudio técnico, legal y comparativo de la energía nuclear en México, su regulación y aprovechamiento. Por medio de este, comprobaré que la energía nuclear es la mejor opción para la producción de energía en el país, optando por alejarse de aquellas energías contaminantes, sin reducir los índices de generación que actualmente ya se alcanzan.

Comenzaré con un breve acercamiento respecto a la historia de la energía nuclear. La posibilidad de convertir elementos radiactivos en energía nace de la idealización del físico inglés Ernest Rutherford, quien es conocido como el “Padre de la Ciencia Nuclear”, quien en 1904 descubre que de la desintegración de dichos elementos a su composición más pequeña se podía crear energía, sin embargo, esto era mera teoría. Subsecuentemente en 1905, el postulado de equivalencia entre masa-energía ($E=mc^2$) propuesto por Albert Einstein parecía sustentar la idea de Rutherford.¹

En 1933 el físico Leo Szilard hipotetizo una “reacción nuclear en cadena”² por la cual, al efectivamente lograr separar los átomos de elementos radiactivos era posible crear energía, este planteamiento de “separar el átomo” llevo a la creación de la energía nuclear, así como de la bomba atómica. Por su parte, Enrico Fermi, un físico italiano asociado de Szilard, en 1932 había teorizado que al introducir neutrones en la composición física de elementos radiactivos se podría llevar a la separación de átomos, al conducir sus experimentos el resultado fue la creación de elementos mucho más ligeros que el uranio, lo cual era decepcionante para él, ya que esperaba que la masa del elemento fuera menor, pero no tanto.³

En 1938, los científicos alemanes Otto Han y Fritz Strassman, junto con la científica austriaca Lisa Meitner, su sobrino Otro Frisch y Niels Bohr, condujeron experimentos basados en el postulamiento de Fermi, por los cuales obtuvieron que al “disparar” neutrones

¹ U.S Department of Energy. “The History of Nuclear Energy.” 1995, p. 3. Disponible en línea: Office of Nuclear Energy, Science and Technology. DOE/NE-0888, <https://www.energy.gov/ne/articles/history-nuclear-energy> (Consulta: Marzo 12, 2024)

² Lanouette, William; Silard, Bela A. **Genius in the shadow: a biography of Leo Szilard: the man behind the bomb.** 1^a ed. E.U.A, Macmillan Publishing Company, 1992

³Fermi, Enrico. “**Radioattività provocata da bombardamento di neutroni III**” (La Ricerca Scientifica, vol.5, no.1, p. 452-454) Citado por: Hayes, A.C. **Applications in Nuclear Physics.** EUA, Los Alamos National Laboratory, 1985, p.4

con elementos de radio y berilio a la composición natural de uranio se encontraban elementos como el bario con una masa atómica de aproximadamente la mitad del uranio. Los científicos comprobaron que la masa “perdida” había sido transformada a energía, a esta transformación de masa a energía le llamaron “fisión” y comprobaba la teoría de Einstein.⁴

Así, en 1939 cuando Niels Bohr conoce a Enrico Fermi en E.U.A y le comparte dicho descubrimiento, estos discuten la posibilidad de una reacción en cadena autosostenible que propiciaría a Szilard y a Fermi a diseñar el primer reactor nuclear con apoyo del gobierno estadounidense, el cual se concretizó el 2 diciembre de 1942 a las 15 horas con 25 minutos en Chicago con el reactor llamado “Chicago Pile-1”⁵

A pesar de este hito en la ciencia y la posibilidad de crear energía autosustentable, los usos que se le dieron a este descubrimiento no fueron pacíficos por el resto de la década de los cuarenta, ya que el gobierno de Estados Unidos solamente había apoyado a Fermi y Szilard cuando este último, junto con Einstein, le enviaron una carta al presidente Franklin Delano Roosevelt⁶ sobre la posibilidad que los Nazis estuvieren creando una bomba atómica con efectos devastadores, por lo cual todo uso de la fisión nuclear de 1942 a 1946 fue dirigida a fines militares con la intención de crear armas nucleares.

En 1946, después de la Segunda Guerra Mundial, el gobierno estadounidense opta por el desarrollo de energía nuclear con fines pacíficos y crea la Comisión de Energía Nuclear (el antecesor de la actual Comisión Reguladora Nuclear), la cual construye el Reactor Experimental Reprodutor Número Uno, el cual se convierte el 20 de diciembre de 1951, 9 años después del primer reactor nuclear, en la primera planta de producción de energía nuclear en el mundo.

Posteriormente, demás países se unen a la producción de energía nuclear como Rusia con sus infames plantas nucleares Mayac y la central nuclear Vladimir Ilich Lenin, así como Berkeley en Inglaterra y por supuesto Laguna Verde en México, a la cual se le

⁴ U.S Department of Energy, Ob. Cit., p.5

⁵ Hayes, A.C, Ob. Cit, p.5

⁶ Remitente: Einstein, Albert y Szilard, Leo. Destinatario: Frank Delano Roosevelt. Agosto 2, 1939. Disponible en línea: **FDR Library** <https://www.fdrlibrary.org/documents/356632/390886/document007.pdf/3483329d-7b68-442d-953d-eb91e0c5c9b1> (Consulta: marzo 12, 2024).

dedicará un apartado más adelante. De acuerdo con los autores N.L. Char y B.J. Csik⁷, para 1960 la producción de energía nuclear alcanzo un estatus importante, ya que se comprobó su viabilidad técnica y comercial que llevaría, para 1970, a la existencia de 90 centrales nucleares en 15 países, con una capacidad total de 16 500 MW_e, a diferencia de 17 centrales en 4 países a comienzos de los 60s.

La creación de más centrales y por ende mayor producción alcanzo un auge en la década de los setenta con la crisis mundial del petróleo, en donde se reportó⁸ que para 1980 ya se encontraban en funcionamiento 253 centrales nucleares en 22 países con una capacidad total de 135 000 MW_e. Actualmente, de acuerdo con el Sistema de Información sobre Reactores de Potencia⁹ existen 415 plantas nucleares en operación continua con una capacidad de 373 257 MW_e, las cuales aportan el 11% de la electricidad mundial.

⁷ N.L. Char y B.J. Csik. “El desarrollo de la energía nucleoelectrica: historia y porvenir”.1987. Disponible en línea: **OIEA BOLETÍN**. 3/1987, https://www.iaea.org/sites/default/files/29304781925_es.pdf (Consulta: Marzo 11, 2024)

⁸ Loc. Cit

⁹ OIEA. **Estado Actual. Base de Datos de Reactores de Energía Nuclear**. Marzo 13, 2024. Disponible en línea: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia <https://pris.iaea.org/pris/> (Consulta: marzo 13, 2024).

I. MARCO TÉCNICO Y LEGAL

En este capítulo abordaré los aspectos técnicos y normativos de la energía nuclear en México. Es importante mencionar que, en México, la materia nuclear tiene únicamente usos pacíficos y nunca ha sido utilizada para fines militares, de hecho, México, por su carácter de país “neutral”, ha sido uno de los mayores impulsores del desarmamiento nuclear en el mundo. Comenzaré explicando de una manera entendible el marco técnico de la energía nuclear en México, es decir la manera en la que se produce energía de elementos radiactivos como el Uranio. Así mismo, abordaré el marco normativo bajo el cual se produce este tipo de energía en el país, también hablaré de la manera en la cual el Proyecto de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional maneja la producción y distribución de energía nuclear.

1. MARCO TÉCNICO DE LA ENERGÍA NUCLEAR.

El proceso de generación de energía nuclear comienza con el “upstream”, es decir la extracción de uranio en su estado más puro, de minas llamadas “yacimientos nucleares”, descubiertas por medio de exploración minera. Una vez extraído el uranio, es molido hasta alcanzar un tamaño inferior a 100mm, para después pasar por el proceso conocido como lixiviación, el cual consiste en separar los compuestos orgánicos o sólidos finos sueltos, lo cual resulta en una “pulpa” que es pulverizada para obtener polvo de U-308 (un derivado del uranio), la cual es contenida en lo que se conoce como “yellowcake”¹⁰.

Una vez almacenado el “yellowcake” en bidones, este es llevado a un segundo sitio, en el cual se lleva a cabo el proceso de refinamiento, consistente en el enriquecimiento de U-308 con U-235 (un componente natural del uranio), una vez enriquecido este se convierte en un gas llamado hexafluoruro de uranio-UF₆¹¹.

Al extraerse este gas y solidificarse en polvo de dióxido de uranio-UO₂, este es horneado a un material cerámico almacenado en “pastillas de uranio” de 8 mm por 10 mm,

¹⁰ Metallurgy for Dummies. **What is Yellowcake Uranium?** Disponible en línea: Autor <https://www.metallurgyfordummies.com/what-is-yellow-cake-uranium.html> (Consulta: marzo 16, 2024)

¹¹ Servicio Geológico Mexicano. **Minería del Uranio.** Disponible en línea: Autor, https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Mineria-del-uranio.html (Consulta: marzo 16, 2024)

estas pastillas de uranio son después juntadas con otras en una “vaina” que después es introducida a una varilla hermética de zircaloy, de aproximadamente 4 metros de largo, lo cual equivaldría a 400 pastillas de uranio en una sola varilla¹².

Subsecuentemente, las varillas son agrupadas para convertirse en el “elemento combustible” ingresado al reactor nuclear, de aproximadamente 4 metros de largo y 25 cm de espesor, de acuerdo con el Foro de la Industria Nuclear Española, el núcleo de un reactor de una central de 1.000 está conformado por unos 150 elementos combustibles¹³ De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, una sola pastilla de uranio produce la energía equivalente a 3 barriles de petróleo, 900 kg de carbón, 481 m3 de gas natural o 2, 268 kg de madera.¹⁴

Resulta de importancia mencionar que, por su carácter de requerir como combustible, elementos finitos de la tierra, esta energía se considera como “Limpia no renovable”.

Concluido el proceso de extracción, refinamiento y empaquetado del uranio, el elemento combustible es llevado a la central nucleoelectrica, en donde comienza el proceso “downstream”. Las centrales nucleoelectricas a nivel global, preponderadamente, funcionan de una de dos maneras: por medio de un reactor en ebullición o por medio de un reactor de agua a presión.¹⁵

Un reactor en ebullición, BWR por sus siglas en inglés, consiste en un circuito cerrado de flujo de agua. En el cual el elemento combustible ingresado al reactor, a través de la fisión nuclear, genera calor vaporizando el agua introducida, que a su vez permite girar una turbina produciendo así energía mecánica, la cual a través de un alternador se transforma en energía eléctrica posteriormente transvasada a la red eléctrica a través de cables de alta tensión. Una vez que, mediante la desmineralización, filtración y destilación

¹² Loc. cit

¹³ Foro de la Industria Nuclear Española. **Etapas para la obtención de combustible nuclear a partir del uranio.** Disponible en línea: Autor <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/etapas-para-la-obtencion-del-combustible-nuclear-a-partir-del-uranio/> (Consulta: marzo 16, 2024)

¹⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. **Todo lo que necesitas saber sobre Energía Nuclear.** Disponible en línea: Autor <https://www.inin.gob.mx/multimedia/interactivo/index.html> (Consulta: marzo 16, 2024)

¹⁵ Duke Energy. **What you need to know about the different types of nuclear reactors.** Disponible en línea: Autor <https://nuclear.duke-energy.com/2021/03/29/what-you-need-to-know-about-the-different-types-of-nuclear-reactors> (Consulta: marzo 16, 2024)

el vapor se condensa en líquido, este se reintroduce al proceso, el agua en este proceso sirve tanto como moderador y refrigerante.¹⁶ Esta agua si bien es segura para el funcionamiento del reactor, no es 100% segura para su reintroducción inmediata al ambiente, por lo mismo siempre se queda dentro de la central.¹⁷

Por su lado, un reactor de agua a presión, PWR por sus siglas en inglés, consiste 3 circuitos separados, en donde el agua del circuito principal es calentada a altas temperaturas, el agua en este circuito sirve como moderador y refrigerante, más no hierve, si no que se presuriza. El calor del agua presurizada es después transferido al segundo circuito, generando el vapor que hace girar a la turbina, la cual también genera energía mecánica transformada después a energía eléctrica. El último circuito tiene como función enfriar y condensar el vapor, para regresarlo a un estado líquido, que es después reingresado al generador.¹⁸ Toda vez que el agua utilizada no entra en contacto con los materiales radiactivos, esta es susceptible a ser reingresada al ambiente.¹⁹

Una vez que la energía es generada, esta es transmitida por medio de cables de alta tensión que posteriormente es distribuida de acuerdo con los planes de CFE, por medio de CFE Distribución, que tiene como objetivo, hacer llegar la electricidad a todos los hogares mexicanos, así como a las empresas y negocios que lo requieren. La Central Nucleoeléctrica Laguna Verde se encuentra en la división Oriente (una de 16) que abastece al estado de Veracruz.

2. MARCO NORMATIVO DE LA ENERGÍA **NUCLEAR EN MÉXICO.**

La materia nuclear en México se encuentra sujeta a diversos dispositivos normativos que tienen como finalidad el asegurar la eficiencia y seguridad, todos los ámbitos de su generación, que van desde la extracción, transporte, producción, hasta su distribución. En

¹⁶ Loc. Cit.

¹⁷ Membracon. “Nuclear Power and Water Consumption.” Agosto, 2022. Disponible en línea: **Smart Water Magazine**, <https://smartwatermagazine.com/news/membracon/nuclear-power-and-water-consumption> (Consulta: marzo 16, 2024)

¹⁸ Duke Energy. **Pressurized Water Reactors (PWR) and Boiling Water Reactors (BWR)**. Disponible en línea: Autor <https://nuclear.duke-energy.com/2012/03/27/pressurized-water-reactors-pwr-and-boiling-water-reactors-bwr> (Consulta: marzo 16, 2024)

¹⁹ Membracon, Ob. Cit.

este apartado, mostraré el marco normativo aplicable, tanto en su ámbito nacional como internacional.

Así mismo, en el país, la materia nuclear se regula principalmente en 4 ámbitos: generación de energía, transporte de material radiactivo, investigación con fines científicos y en el área de salud. Frecuentemente, las leyes y reglamentos que regulan la materia nuclear abarcan estos 4 ámbitos en uno mismo, aunque si existen aquellas que lo regulan en lo específico.

En el ámbito nacional me enfocaré principalmente en las dos legislaciones que regulan, en su gran mayoría, a la energía nuclear en México:

- Ley que Declara Reservas Mineras Nacionales Los Yacimientos De Uranio, Torio y las demás sustancias de las cuales se obtengan isótopos hendibles que puedan producir energía nuclear-
- Ley Reglamentaria del artículo 27 en Materia Nuclear

En el aspecto internacional, me enfocaré los Tratados Internacionales en materia nuclear del cual México es parte, los acuerdos suscritos con el Organismo Internacional de Energía Atómica y los Acuerdo de Cooperación con países que producen energía nuclear.

2.1 REGULACIÓN NACIONAL.

En México, el aprovechamiento de los materiales radiactivos encontrados en territorio nacional es de uso exclusivo de la Nación. El artículo 27 Constitucional establece que solo la Nación podrá generar energía nuclear y regularla, así mismo el único uso que se le puede dar a la energía nuclear deberá tener fines pacíficos, como la producción de electricidad y la investigación.

La Ley que Declara Reservas Mineras Nacionales Los Yacimientos De Uranio, Torio y las demás sustancias de las cuales se obtengan isótopos hendibles que puedan producir energía nuclear (de aquí en adelante referida como Ley que Nacionaliza), es promulgada en 1950, durante el sexenio de Miguel Alemán y su última reforma es de 1972, hace 52 años.

Por medio de esta ley, se nacionaliza la energía nuclear en los niveles de “upstream” y “downstream”, es decir, la extracción, refinamiento y producción de energía nuclear

solamente puede ser llevada a cabo por el Estado, en particular el Ejecutivo Federal o los organismos que este cree para llevar a cabo sus fines.

La participación de los particulares en esta industria se encuentra limitada al “Midstream”, el transporte de los materiales radiactivos, previo permiso, la Ley que Nacionaliza no establece quien será el órgano competente para expedir dicho permiso; sin embargo, en la actualidad es la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias quien expide dicho permiso, facultada así por la Ley Reglamentaria del artículo 27 y de la NOM-009-NUCL-2017, así como la NOM-011-NUCL-2021. Los requisitos para obtener dicho permiso de transportación se encuentran en el Reglamento de Seguridad Radiológica.

Además de nacionalizar la industria nuclear para la generación de energía, la ley también establece la obligación de los titulares de concesiones mineras de poner a disposición del Ejecutivo Federal, todo descubrimiento que hagan de la existencia de los materiales radiactivos que la ley regula, de no hacerlo se les podrá imponer una sanción privativa de libertad de 3 días a un año, más una multa de cien a mil pesos.

Así mismo, quien explote reservas mineras con dichos materiales o efectivamente *“comercie, posea, extraiga, refine, compre, enajene, ministre gratuitamente, transporte y en general, efectúe cualquier acto de adquisición, extracción, refinamiento, suministro o tráfico de uranio”*, sin sujetarse a las disposiciones de la ley, se les podrá imponer prisión de uno a diez años y multa de cien a diez mil pesos, esto de acuerdo con el artículo 10 de la misma ley.

Esta es una ley escueta y desactualizada, si bien, lo que busca regular es de suma importancia, solo cuenta con 16 artículos (14 vigentes), que fue promulgada en una época en la cual todavía no existía la generación de energía nuclear en México. Este problema, de la antigüedad y desactualización, también lo veremos con las demás leyes y reglamentos en materia nuclear.

La ley de mayor importancia en el sector es la Ley Reglamentaria del artículo 27 en Materia Nuclear (en adelante Ley Reglamentaria), esta fue promulgada en 1984 y por la entrada en vigor de esta ley en 1985, se abrogó la anterior Ley Reglamentaria de 1979, conocida como “Ley Nuclear”.

Su última reforma fue en el 2012, aunque lo único que se le reformó en ese año fue el cambio de nombre de la Secretaría de Energía (en lo consecuente SENER) en diversos artículos, menos en el artículo 3, que todavía la menciona como Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal; por lo cual dicha reforma no es de trascendencia para la materia. Lo mismo se podría decir de la reforma de 1998, en esta “reforma” la única modificación realizada a la ley, es en el Art. 51:

ORIGINAL:

Artículo 51.- La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias estará a cargo de un Director General, y contará con un Consejo Consultivo, así como con el personal necesario para ejercer las atribuciones que tiene encomendadas. El Director General será designado y removido por el Secretario de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Para desempeñar dicho cargo se requiere ser mexicano por nacimiento y mayor de 30 años de edad; poseer título profesional, y contar con una experiencia mínima de cinco años en la materia.

“REFORMA”:

Artículo 51.- La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias estará a cargo de un Director General, y contará con un Consejo Consultivo, así como con el personal necesario para ejercer las atribuciones que tiene encomendadas. El Director General será designado y removido por el Secretario de Energía. Para desempeñar dicho cargo se requiere ser mexicano por nacimiento **que no adquiera otra nacionalidad, estar en pleno goce y ejercicio de sus derechos civiles y políticos;** mayor de 30 años de edad; poseer título profesional, y contar con una experiencia mínima de cinco años en la materia.

Como se observa, las últimas dos “supuestas” reformas, no cambian nada sustancial a la redacción original de la ley, por lo mismo yo considero que el texto original de 1985 mantiene su vigencia e importancia.

A pesar de sus propias deficiencias, se podría decir que la Ley Reglamentaria, hasta cierto punto, “suple” las de la arcaica Ley que Nacionaliza. Toda vez que, la Ley Reglamentaria se da a la tarea de establecer los organismos relevantes a los cuales el Ejecutivo Federal designa la regulación y vigilancia de la Industria Nuclear, mientras la Ley que Nacionaliza menciona su posible existencia, la Ley Reglamentaria las enumera y faculta. Así mismo, la Ley Reglamentaria también regula los demás usos que se le podrá dar a los materiales radiactivos como industriales, médicos, agrícolas y/o de investigación,

todo esto previo permiso expedido por la CNSNS en conformidad con las NOM de la materia.

Es precisamente, por medio de la Ley Reglamentaria que se crean los dos principales organismos nacionales en materia nuclear. El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (antes INEN), al cual se le define como un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios. Mientras que, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias se constituye como un órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía; de ambos organismos se hablara en un apartado posterior.

En cuanto al tema de la extracción de minerales radiactivos, por medio de esta ley, se le otorga la facultad exclusiva y directa de la exploración al organismo público federal descentralizado denominado “Consejo de Recursos Minerales”. A su vez, se le da la facultad a la SENER de otorgar concesiones para la explotación de estos minerales, única y exclusivamente a la Comisión de Fomento Minero, organismo público federal descentralizado.

El órgano anterior, dejo de existir cuando se promulgó la antes Ley Minera en 1992 y sus funciones y patrimonio se transmitieron al Consejo de Recursos Minerales y al Fideicomiso de Fomento Minero (objeto de próxima reforma). De todas maneras, ya no tenían muchas funciones en materia nuclear, desde que se liquidó la paraestatal encargada de la extracción de uranio, Uramex, en el Transitorio Cuarto de la Ley Reglamentaria. El hecho que, a pesar de que la Comisión de Fomento Minero ya no exista, pero sigan sus funciones vigentes en la Ley Reglamentaria, convierte en esas disposiciones en letra muerta. La inexistencia de una planeación actualizada de una industria minera nuclear es la mayor deficiencia de la Ley Reglamentaria.

En una Iniciativa de Reforma²⁰ publicada en la Gaceta de la Cámara de Diputados en septiembre del 2023, se buscaba actualizar dichas incongruencias y básicamente otorgar

²⁰ Varela López, Víctor Gabriel. **Iniciativa Con Proyecto De Decreto Por El Que Se Reforman Diversas Disposiciones A La Ley Reglamentaria Del Artículo 27 Constitucional En Materia Nuclear, Suscrito Por El Diputado Víctor Gabriel Varela López, Integrante Del Grupo Parlamentario Morena.** Disponible en Línea: Sistema de Información Legislativa http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2023/09/asun_4603631_20230919_1694560263.pdf (Consulta: marzo 16, 2024)

todas las funciones de la extinta Comisión al ININ y otorgar a este mayores facultad en cuestión de exploración, explotación, enriquecimiento, diseño y fabricación de combustibles nucleares; sin embargo, al día de hoy sigue pendiente su trámite en el pleno, esta reforma serviría como un primer paso para la resurrección de la industria minera nuclear en México.

Otra suplencia que se encuentra es el supuesto en que los concesionarios mineros descubran minerales radiactivos en minas de su concesión, mientras que la Ley que Nacionaliza solo establece su obligación y subsecuente multa en caso de omisión, en la Ley Reglamentaria se establece el protocolo que deberán de seguir cuando esto suceda.

Además, contradice a la Ley que Nacionaliza en la cuestión de dicha multa aplicable a aquellos concesionarios que, descubriendo la existencia de estos minerales, omitan dar aviso, mientras que en la Ley que Nacionaliza se les impone la sanción privativa de libertad de 3 días a un año y multa de cien a mil pesos, con base en la Ley Reglamentaria serán acreedores a la cancelación de la concesión, además de una multa de hasta 5,000 veces el salario mínimo vigente en el D.F; lo anterior resulta en una completa antinomia entre ambas disposiciones y, por lo tanto, quebranta con el derecho fundamental del ciudadano a la seguridad jurídica.

En cuanto al transporte de materiales radiactivos, la ley confiere al Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Energía, el cargo de almacenamiento, transporte y depósito de combustibles y desechos nucleares, sin embargo, también establece que este cargo podrá ser llevado por “entes”²¹ distintos a la Secretaría de Energía, con autorización de esta, por conducto de su dependiente, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

En mi opinión, la Ley que Nacionaliza debería ser abrogada, toda vez que la Ley Reglamentaria expone los mismos principios y abarca de manera más completa todos los conceptos de la materia nuclear, aunque con sus deficiencias, que pueden ser subsanadas. Al tener dos leyes que legislen exactamente la misma materia, deberá de prevalecer aquella que sea más completa, esto en aras no solo de proteger el derecho fundamental de la

²¹ La ley no establece si dicho cargo puede ser delegado a particulares o exclusivamente a otros organismos públicos, sin embargo, da a entender que los particulares si pueden participar en el transporte, además que, en la práctica si lo hacen, en conformidad con las NOM-NUCL.

seguridad jurídica del justiciable, sino por la relevancia de la materia, la cual es de interés nacional.

En materia de protección ambiental, es relevante la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (ahora en adelante LGEEPA), la cual tiene como objetivo lo plasmado en su denominación.

La LGEEPA, establece que, en materia nuclear, los estados y municipios no podrán participar en la evaluación de impacto ambiental que en ocasiones pueden realizar en otras materias, dejando esa facultad exclusivamente a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT):

Art. 11, fracción III, inciso c:

La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos de las entidades federativas, con la participación, en su caso, de sus Municipios o demarcación territorial de la Ciudad de México, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial:

III. La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, **con excepción** de las obras o actividades siguientes:

c) Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear

Art. 28, fracción III:

La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, **requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:**

III.- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;

El artículo 154 de la misma ley, también establece la obligación de la SENER y la CNSNS de vigilar que las actividades de la industria nuclear se lleven con apego a las

NOM-NUCL, preservando el equilibrio ecológico y protegiendo al ambiente. Así mismo, también reitera la facultad de SEMARNAT a realizar la evaluación de impacto ambiental.

Como demostrado con la Ley que Nacionaliza y la Ley Reglamentaria, la legislación en materia nuclear, se encuentra algo desactualizada. La Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares (ahora en adelante Ley de Responsabilidad) no es la excepción, fue promulgada en 1974 y no ha tenido cambios desde entonces, sin embargo, sus preceptos siguen teniendo validez e importancia. Tiene como objeto el *“regular la responsabilidad civil por daños que puedan causarse por el empleo de reactores nucleares y la utilización de sustancias y combustibles nucleares y desechos de estos.”*

Así mismo, la Ley de Responsabilidad, establece que la responsabilidad civil por daños nucleares será objetiva y el responsable será el operador de la instalación nuclear a su cargo, en el caso de México, CFE será responsable de daños nucleares ocurridos y deberá responder en los términos de esta ley. Se excluye de responsabilidad, cuando el daño ocasionado sea resultado directo de actos de guerra, insurrección, invasión o catástrofes naturales, así mismo, de comprobarse que la persona que haya sufrido los daños hubiese actuado de manera negligente u omisa, el operador será exonerado.

Respecto al límite de responsabilidad, se establece como máximo, la suma de 100 millones de pesos para responder frente a terceros; sin embargo, cuando en el periodo de doce meses se presenten más de un accidente en una misma planta nuclear, el monto máximo será de 195 millones de pesos. El plazo para reclamar la responsabilidad del operador tiene una prescripción de 10 años contados desde que ocurrió el accidente, la prescripción se extiende a 15 años, a partir del accidente, cuando se trate de daños corporales mediatos que no impliquen pérdida de vida, ni de su conocimiento inmediato.

Se establecen también los importes de responsabilidad económica por daños nucleares personales:

- En caso de muerte, será el salario mínimo general vigente multiplicado por mil. (\$248,930)
- En caso de incapacidad total, será el salario mínimo general vigente multiplicado por mil quinientos.(\$373,395)

- En caso de incapacidad parcial, será el salario mínimo general vigente multiplicado por quinientos. (\$124,465)

Como mencione en el proemio de este capítulo, hay más dispositivos normativos que regulan la industria nuclear como el Reglamento General de Seguridad Radiológica, el Manual de Organización de la CNSNS y las ya mencionadas Normas Oficiales Mexicanas en Materia Nuclear, sin embargo, a estos se les dedicara un apartado posterior.

2.2 NORMATIVIDAD INTERNACIONAL

Al ser, México, un país globalizado, este se encuentra sujeto también a normatividad internacional, por medio de tratados y acuerdos que ha suscrito. Es importante mencionar, que de acuerdo con el artículo 133 de la CPEUM, los tratados internacionales, junto con la Constitución y las leyes del Congreso de la Unión, son la Ley Suprema de la Unión; de ahí la importancia de la normatividad internacional.

Por más de 50 años México ha sido uno de los mayores impulsores del desarme nuclear global, particularmente en Latinoamérica. El Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe, mejor conocido como “Tratado de Tlatelolco” es único en su especie, al ser el primer dispositivo normativo que busca la no proliferación de las armas nucleares.

El Tratado es firmado en febrero de 1967 y ratificado por México en septiembre del mismo año, en él, se establecen la obligación de los Estados Signatarios de prohibir e impedir el ensayo, uso, fabricación, producción y adquisición de toda arma nuclear. Así como el uso pacífico de la energía nuclear, para el desarrollo económico y progreso social de los países.

Sergio González Gálvez, embajador emérito de México y un impulsor del desarme nuclear en América Latina, se pronunció respecto del Tratado de Tlatelolco:

“El Tratado de Tlatelolco dedicado al control de armas nucleares lleva implícita su proyección a la limitación del armamento convencional en la región latinoamericana, así como teniendo en cuenta la necesidad de que los recursos que en la región ahora se destinan a armamentos, puedan

utilizarse para la solución de problemas urgentes relacionados con el desarrollo de nuestros países.”²²

Además, que, por la firma del Tratado, se establece un Organismo Internacional denominado “Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe” (OPANAL). Dicho organismo tiene como función el asegurar el cumplimiento de lo dispuesto por el Tratado. A dicho organismo, los Estados Parte deberán de presentar un c semestral de la aplicación efectiva de las disposiciones.

También, el artículo 13 del Tratado establece que los Estados deberán de firmar acuerdos bilaterales o multilaterales con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con la finalidad de la aplicación de salvaguardias que deberán ser acatadas por los Estados en el cumplimiento del Tratado.

En cumplimiento de lo anterior, México firma en 1972 el Acuerdo México-OEIA, para la aplicación de salvaguardias, en donde se compromete a acatar lo que el organismo internacional disponga en cuestión de seguridad nuclear y sujetarse a inspecciones anuales ordinarias y extraordinarias cuando sean necesarias . A dicho organismo, como dispuesto por el Tratado y el Acuerdo se le deberán presentar informes semestrales, igual que a la OPANAL.

Del acuerdo, se realizó una adición en el 2011, reforzando así las obligaciones de México ante la OIEA para asegurar el cumplimiento del Acuerdo. Por este, se obliga el Estado a aportar más información de la antes requerida, así como un informe anual a más tardar el 15 de mayo de cada año, en el cual se especifiquen las actividades financiadas por el gobierno en materia nuclear. También se faculta a la OIEA, el acceso a todo lugar pertinente que el informe especifique como financiado gubernamentalmente, con la finalidad de supervisar que se estén cumplimiento con las disposiciones internacionales de salvaguardias.

Además del acuerdo suscrito con la OIEA, México también ratifica la Convención sobre Seguridad Nuclear, aprobada por el organismo internacional. La misma tiene como objetivo el “conseguir y mantener un alto grado de seguridad” y busca prevenir los

²² González Gálvez, Sergio. “¿Posible controlar la carrera armamentista?”. En: **Anuario Jurídico x 1983**. México, Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM. Año 1983, Vol. 10, 1983, (pp. 250-277)

accidentes nucleares y mitigar sus consecuencias en caso de que sucedan. Se establecen obligaciones para los Estados Parte, como:

- Adecuar sus legislaciones para dar cumplimiento a la Convención, así como contar con un plan de contingencia
- Establecer medidas que protegen a los trabajadores de las instalaciones nucleares
- Dedicar recursos suficientes a la seguridad nuclear y disponer de personal cualificado, mediante capacitación y adiestramiento apropiado
- Evaluar y reevaluar los factores de seguridad de las instalaciones nucleares; entre otras.
- Entregar un informe de las medidas tomadas y la situación en materia de seguridad nuclear, antes de cada reunión de las partes contratantes

Así mismo, se han suscrito y ratificado Acuerdos y Convenios de Cooperación entre México y países extranjeros, por los cuales se busca ratificar su esfuerzo por el uso pacífico de la energía nuclear e impulsar el desarrollo de esta. Los países con los que dichos acuerdos han sido signados son: Francia, Rusia, Corea del Sur, Argentina, Canadá, Australia y Estados Unidos.

Tomando en consideración la cercanía con los Estados Unidos y la interdependencia económica y social entre ambos, me enfocaré en el Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Estados Unidos de América para la Cooperación en los Usos Pacíficos de la Energía.

Dicho acuerdo firmado en mayo del 2018 y aprobado por el Congreso de la Unión en 2022, representa el primer acuerdo de cooperación entre estas dos naciones, en materia nuclear. En este, se establecen las pautas de cooperación, las cuales van desde la investigación, desarrollo, diseño, construcción, mantenimiento y capacitación en la operación de plantas nucleares hasta el intercambio de mejores prácticas para el desarrollo de política nuclear.

Además, permite la transferencia, ya sea por venta o arrendamiento, de uranio poco enriquecido para su uso como combustible en reactores. Reafirman así mismo, su disposición de respetar la aplicación de salvaguardias emitidas por la OIEA, establecen también la prohibición de usar el material, equipo y componentes transferidos para fines militares.

Una de las desventajas, para México, que surge de la sintaxis del texto, es en la fracción 5 del artículo 4:

“Estados Unidos **se esforzará** por adoptar las acciones necesarias y factibles para asegurar a México un suministro confiable de combustible nuclear, incluyendo la oportuna exportación de combustible nuclear durante la vigencia de este Acuerdo. Estados Unidos también **considerará seriamente** adoptar las acciones que resulten viables para asistir a México en la gestión, almacenamiento, transporte y disposición, de forma segura, de material fisionable especial irradiado producido mediante el uso de material o equipo transferido de conformidad con este Acuerdo.”

En la fracción, E.U.A no se obliga a nada concreto, en el tema de otorgar un suministro confiable a México, ni tampoco se obliga a “*adoptar las acciones*” que asistan a México en la gestión, almacenamiento, transporte y disposición del material fisionable especial irradiado (uranio utilizado para combustible nuclear); esto deja la puerta abierta a E.U.A para cumplir de manera parcial con el espíritu del acuerdo de cooperación. Aún y siendo ese el caso, el tener este acuerdo con E.U.A, que tiene una de las industrias nucleares más desarrolladas a nivel global, permite a México crecer la suya propia.

Mencionaba en un capítulo anterior, la responsabilidad civil que recaerá en los operadores de plantas nucleares (CFE), cuando acontezcan daños nucleares, la mayoría de las plantas nucleares en el mundo, si no es que todas, cuentan con un seguro que cubra dichos daños. En nuestra legislación nacional no se encuentra plasmada la obligación del operador de contar con un seguro que cubra la responsabilidad en caso de daños y/o accidentes nucleares, pero sí existe en el ámbito internacional.

Por medio de la Convención de Viena de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, así como la Convención de París sobre Responsabilidad de Terceros, el Protocolo Conjunto, sus modificaciones y reformas, los Estados se obligan en diversas situaciones a exigir la contratación de un seguro para responder por daños nucleares y se establecen diversos mínimos de responsabilidad.

México, solo firmo y ratifico la Convención de Viena (sin sus modificaciones) por lo que solo se encuentra obligado en sus términos originales. En su artículo séptimo, se establece la obligación de los operadores de tener un seguro que cubra la responsabilidad civil generada por daños, mientras que, en el artículo quinto, se establece la que el Estado

no podrá establecer un importe de responsabilidad inferior a 5 millones de dólares (aproximadamente 100 millones de pesos). La publicación de esta Convención fue en 1963, mientras su entrada en vigor fue en 1977 y en México hasta 1989, sin embargo, se encuentran muchas similitudes entre la Convención y la Ley de Responsabilidad publicada en 1974.

Un último acuerdo de importancia en materia nuclear y materia energética en general es el Acuerdo de París, tratado internacional por el cual los Estados Parte se comprometen a reducir sus emisiones de gases invernadero para así “combatir” al cambio climático. Dicho establece obligaciones importantes para los Estados Parte, tales como:

- Tomar medidas para reducir sus emisiones de gases invernadero
- Adecuar la legislación nacional al marco del Acuerdo de París y las obligaciones que de este surjan.
- “Limitar” el calentamiento global a menos de 2 °C
- Proporcionar apoyo financiero y tecnológico a países en desarrollo, con el objetivo de ayudarles a mitigar los efectos del cambio climático
- Proporcionar información de sus emisiones de gases invernadero
- Comunicar las medidas concretas a tomar para la reducción de dichas emisiones. A estas se les denomina “Contribuciones determinadas a nivel nacional” (NDC) y deberán de ser revisadas y modificadas de manera quinquenal.

En cumplimiento con sus obligaciones, México presentó su primera NDC en el 2020, en la cual se comprometía a reducir sus emisiones en un 2% para 2030 y también a la generación de 35% de energías limpias en el país para finales del 2024, esto último con cooperación y financiamiento internacional. Sin embargo, dicha NDC fue modificada y actualizada en el 2022, en donde México se comprometió ahora a una reducción del 35% para el 2030. Cabe mencionar que las contribuciones determinadas a nivel nacional actualizadas deberán representar *“una progresión con respecto a la contribución determinada a nivel nacional que esté vigente para esa Parte y reflejará la mayor ambición posible de dicha Parte.”* De acuerdo con el artículo 4, párrafo tercero del Acuerdo de París.

Para el cumplimiento de la NDC y la obligación de los Estados Parte de adecuar su legislación, el Congreso de la Unión promulgo la Ley de Transición Energética y una reforma integral a la Ley General de Cambio Climático, ahora en adelante, LTE y LGCC respectivamente.

El Tercero Transitorio de la LTE establece lo siguiente:

“La Secretaría de Energía fijará como meta una participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 por ciento para el año 2018, del 30 por ciento para 2021 y del 35 por ciento para 2024.”

Así mismo, la fracción e, del artículo 3 Transitorio de la LGCC, establece la obligación de la SENER en coordinación con CFE y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) de promover la generación eléctrica proveniente de energía limpias en un 35% para el 2024.

Aún y cuando dicho compromiso es vinculante para México, en junio de 2022 se publicó el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036, este programa es actualizado año con año y muestra el cumplimiento de México con los acuerdos de París. En la publicación original de dicho programa, se mencionaba que *“debido a una inviabilidad técnica y económica”*²³ México solo alcanzaría el 30.5% de generación de energías limpias para el 2024, incumpliendo así con la NDC a la que se comprometieron.

Digo “mencionaba”, porque después de presentar “intermitencias” en la página web de la SENER, el documento original ya no se encontraba disponible y la “nueva” versión establece que, si llegará al 35%, sin mencionar nada de la “supuesta” inviabilidad técnica y económica que no permitiría alcanzar el porcentaje acordado y, por lo tanto, si se cumpliría con los Acuerdos de París, esto fue una completa jugarreta de la SENER para cumplir de manera falaz con el Acuerdo.

²³ Gante, Diana. “Corrige Sener: 35% de energía limpia para 2024”. Septiembre, 2022. Disponible en línea: **REFORMA.** Sección: Negocios <https://www.reforma.com/corrigesener-35-de-energia-limpia-para-2024/ar2474886> (Consulta: marzo 18,2024)

3. PRODESEN

El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, PRODESEN por sus siglas, es el programa que establece las actividades de planeación del Sistema Eléctrico Nacional año con año. Cada reiteración tiene una proyección de 15 años, comenzando en el 2019. El actual es el PRODESEN 2024-2038, en este se estipulan las metas a cumplir y las acciones concretas por las cuales se alcanzarán estas, así mismo se muestran estadísticas de los avances logrados a la fecha. En materia nuclear, el PRODESEN regula los términos por los cuales se llevará a cabo el aprovechamiento de los combustibles nucleares con fines energéticos, esto en concordancia con el artículo 12 de la Ley Reglamentaria.

En esta sección comenzaré hablando del PRODESEN 2023-2037, en el cual de las estadísticas mostradas se observa, una disminución de la generación total por medio de tecnología nucleoelectrica de 13,200.3 GWH en 2018 a 10,539.5 en 2022, aún y cuando la capacidad interconectada a la red de la CFE, de la nucleoelectrica se ha mantenido en 1,608 MW desde el 2018, mostrando el claro desaprovechamiento de esta tecnología.

Así mismo de los programas y proyectos de ampliación y modernización establecidos en el PRODESEN 2023-2037, ninguno de estos prevé a la energía nuclear. El único que lo hace, Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE), este tiene como objetivo lo plasmado en su denominación, con la finalidad de proveer la infraestructura necesaria para asegurar la confiabilidad y eficacia del Sistema Eléctrico Nacional. Otro de sus objetivos principales es coordinar los mecanismos de promoción de las Energías Limpias.

De la misma manera en el PIIRCE busca la adición de 150MW a la capacidad nuclear dentro del programa 2023-2037, sin mencionar acciones concretas para alcanzarlo:

“En el PIIRCE también se consideran 150 MW de adición de capacidad nuclear, donde se espera que en el mediano plazo la tecnología nuclear para Centrales Eléctricas de menor capacidad sea asequible para su integración al SEN.”

El PIIRCE del PRODESEN 2024-2038 peca de los mismos errores que su predecesor y se compromete ahora a la adición de 2,350 MW o 2.35 GW de capacidad nuclear para Centrales Eléctricas de menor capacidad para su integración al Sistema Eléctrico Nacional. A pesar de lo anterior, en el Anexo 2, que es donde se muestra la

información básica de proyectos identificados para el periodo designado, no se establece ningún proyecto para la generación de energía nuclear.

Independientemente de lo anterior, considero que, dependiendo si realmente se cumple con el 35% de energía limpia y en base a las NDC de México, las disposiciones transitorias de la LTE y la LGCC deberán ser reformadas en 2025 para ahora obligarse a una meta aún más ambiciosa y los próximos PRODESEN deberán de tomar en cuenta la generación de energía nuclear para alcanzar la meta comprometida en el Acuerdo de París.

II. SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear ha sido objeto de interés y de debate por años, aún y cuando México cuenta con una central nucleoelectrica en Veracruz, la contribución al Sistema Eléctrico Nacional es muy pequeña comparado con la energía producida por medio de la quema de combustibles fósiles.

En el 2023, Laguna Verde generó 12 044 GWH de energía nuclear, lo cual equivalió al 8.32% de la energía producida por la CFE y al 33.62% de la energía limpia en el país.²⁴ Esto representó un incremento a lo producido en 2022, en donde se generó 10 539 GWH, equivaliendo al 7.7% de la energía de CFE y al 21.6% de la energía limpia²⁵

A pesar de lo anterior, en 2022 se generó un total de 138 831 GWH de energía eléctrica de la cual 35.46% fue de energías limpias, mientras que en el 2023 se generó un total de 144 826, pero solo 24.74% provino de energías limpias²⁶, lo anterior por falta de agua y por baja generalizada en el despacho de CENACE.

La generación de energía nuclear en México se ha visto influenciada por factores como consideraciones ambientales, económicas, tecnológicas y de seguridad. Aunque existen opiniones a favor y en contra de esta forma de generación de energía, es importante analizar de manera objetiva sus ventajas y desventajas en el contexto mexicano, considerando aspectos como la diversificación de la matriz energética, la seguridad y la gestión de residuos radiactivos.

En este capítulo, mostraré la manera en la que funciona el Sistema de Generación de Energía Nuclear en México, desde la exploración de los yacimientos nucleares en México, el funcionamiento de la Central Nucleoelectrica Laguna Verde, los organismos relevantes que regulan y protegen la seguridad nuclear en México, y una comparación entre México y países que cuentan con una industria nuclear más avanzada.

Además, expondré el marco normativo de la protección ambiental en materia nuclear, enfocándome principalmente en lo dispuesto por el Reglamento General de

²⁴ CFE. Informe Anual 2023. Abril 25, 2024. Disponible en línea: Portal CFE <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/Reportes%20Anuales%20Documentos/Informe%20Anual%202023.pdf> (Consulta: mayo 2, 2024)

²⁵ CFE. Informe Anual 2022. Abril 27, 2023. Disponible en línea: Portal CFE <https://www.cfe.mx/finanzas/reportesfinancieros/Informe%20Anual%20Documentos/Informe%20Anual%20Portal.pdf> (Consulta: marzo 13, 2024).

²⁶ CFE. Informe Anual 2023, Ob. Cit.

Seguridad Radiológica, el Manual de Organización de la CNSNS y las Normas Oficiales Mexicanas en Materia Nuclear²⁷, emitidas por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

1. URANIO EN MÉXICO.

Como establecido anteriormente, la generación de energía nuclear comienza con la exploración de los yacimientos nucleares en los cuales se encuentre uranio. Previo a la desaparición de Uramex, el organismo identificó 162,491 toneladas de uranio, tanto de producto principal (recurso convencional) como de subproducto, aquel encontrado en rocas fosfóricas (no convencional)²⁸; sin embargo, estas estadísticas no cumplen con los estándares internacionales de evaluación y el número no puede tomarse como oficial.

Para lo anterior, en 2009 el Servicio Geológico Mexicano se dio a la tarea de reevaluar los proyectos de exploración de Uramex, actualizando las estadísticas con los estándares actuales y así reactivando la exploración de uranio en el país. La Agencia de Energía Nuclear (NEA), en colaboración con la OIEA, publican anualmente el estado actual de los recursos y demanda de Uranio en el mundo, en el llamado “Red Book” y en 2022 publicaron los resultados del trabajo del Servicio Geológico Mexicano, en donde se revelaron las estadísticas actualizadas bajo estándares modernos, que muestran las reservas identificadas de recursos convencionales²⁹:

PROYECTO	TONELADAS
Las Margaritas, Chihuahua	597
El Puerto III, Chihuahua	180

²⁷ Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. **Listado de Normas Oficiales Mexicanas en Materia Nuclear**. Disponible en línea: gob.mx <https://www.gob.mx/cnsns/documentos/normas-oficiales-mexicanas-en-materia-nuclear-56078#:~:text=NOM%2D009%2DNUCL%2D2017,el%20transporte%20de%20sustancias%20fisionables> (Consulta: marzo 13, 2024)

²⁸ Servicio Geológico Mexicano. **El Uranio en México**. Disponible en línea: Autor https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/El-uranio-en-Mexico.html (Consulta: marzo 13, 2024)

²⁹ Nuclear Energy Agency & International Atomic Energy Agency. “*Uranium 2022: Resources, Production and Demand*”. Abril, 2023. Disponible en línea: **Red Book 2022** https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2023-04/7634_uranium_-_resources_production_and_demand_2022.pdf (Consulta: marzo 13, 2024)

El Nopal I, Chihuahua	422
Los Amoles, Sonora	399
La Coma, Nuevo León	852
Buenavista, Nuevo León	1 455
El Chapote, Nuevo León	1 104
La Diana, Nuevo León	940
Peñoles, Nuevo León	191
La Presita, Nuevo León	185
Trancas, Nuevo León	130
Dos Estados, Nuevo León	169
Santa Fe, Nuevo León	90
TOTAL	6 714

Además, se establece, que hay 53 ocurrencias de uranio posibles que no han sido identificadas, así como una posible cantidad significativa en el depósito de roca fosfórica en San Juan de la Costa, pueblo minero en Baja California Sur.

En la Ley Reglamentaria, se establece que solamente la Comisión de Fomento Minero, por medio de concesión de SENER, puede explotar los yacimientos en donde se encuentren minerales radiactivos, mientras que la exploración solamente puede ser llevada a cabo por el Consejo de Recursos Minerales. De tal manera, se limita el “upstream” de la industria nuclear a la involucración del Estado, cerrado a particulares.

Sin embargo, la Comisión de Fomento Minero ya no existe y desde la extinción de Uramex en 1984, la extracción de uranio para su uso energético es inexistente, lo cual

implica que el uranio utilizado para la generación de energía nuclear es adquirido por medio de su compra en otros países.

La estadística respecto a cuanto uranio requiere Laguna Verde es incierta, los informes anuales de la CFE no desglosan ni la cantidad, ni el precio, ni el proveedor de la materia prima de las recargas requeridas de Laguna Verde. Como recarga inicial de los reactores, Laguna Verde, requirió de 92 toneladas de UO₂ por reactor; sin embargo, con la repotencialización de la central en 2009, es difícil saber los montos actuales oficiales, pero de acuerdo con el “RedBook” en 2019, lo necesitado por los reactores era de 392 toneladas, mientras en 2020 fue de 430.

Lo que, si podemos saber de manera oficial (gracias a un proceso de Transparencia Mexicana)³⁰, es el proveedor. En 2015 se llevó a cabo un proceso de adjudicación directa, con la finalidad de que diversos prospectos ofertaran a la CFE sus servicios para la suministro de ensambles de combustible nuclear tipo GE14, el único aprobado por la CNSNS, para un total de 6 recargas (3 por reactor) en el periodo de agosto 2016 a septiembre 2020. De este proceso el ganador fue la empresa Global Nuclear Fuel-Americas, LLC, parte de la joint venture GE-HITACHI, el monto de la adjudicación autorizada fue de **\$64, 411, 544.64 de dólares.**

El contrato otorgado, implicaba la entrega de dos etapas de cada recarga, por ejemplo, la recarga del reactor 1 fue entregada al 80% en octubre 2016 y el 20% restante fue entregada en marzo 2017, las entregas para la U2 siguieron la misma dinámica, hasta junio de 2020 que fue la última entrega, venciendo el contrato en septiembre de 2020.

Desde el vencimiento del contrato, se especula³¹, que la empresa sigue siendo el proveedor de este combustible, dado que posterior al vencimiento en 2020, Laguna Verde ha requerido de por lo menos 2 recargas por reactor y en el micrositio de concursos (MSC) de la CFE, no se encontró ningún proceso vigente o concluido en cuestión de combustible nuclear. Lo que, si se encontró, fueron varios contratos adjudicados a GE-HITACHI desde

³⁰ Transparencia Mexicana. **Informe Laguna Verde**. Disponible en línea: Autor <https://www.tm.org.mx/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Laguna-Verde.pdf> (Consulta: marzo 14, 2024)

³¹ Celis, Darío. “El contrato ventajoso, ahora, de GE en Laguna Verde” Ciudad de México: marzo 5, 2021. Disponible en línea: **elfinanciero.com** <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/dario-celis/el-contrato-ventajoso-ahora-de-ge-en-laguna-verde/> (Consulta: marzo 14, 2024)

el 2018 a la actualidad, por un monto total de \$1,039,847,998.56 MXN³², lo que los convierte en el principal proveedor de Laguna Verde.

El “revivir” a la paraestatal URAMEX o crear una nueva que pueda realizar las labores de exploración, explotación y enriquecimiento del uranio no solamente incrementaría la generación de energía nuclear en México, sino que también ayudaría a alcanzar esta “soberanía energética” que la corriente política actual busca alcanzar.

2. CENTRAL NUCLEOELÉCTRICA LAGUNA VERDE

Como establecido anteriormente, México cuenta con una sola central nucleoelectrica para la generación de energía nuclear, la cual cuenta con dos reactores nucleares que producen energía limpia de manera segura. A su vez, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares tiene un reactor nuclear (de menor potencia) que es utilizado solamente para fines de investigación.

La Central Nucleoelectrica Laguna Verde (ahora en adelante Laguna Verde) comenzó su construcción en 1970, en plena crisis energética a nivel global, con dos reactores BWR³³ generación 5, producidos por General Electric, sin embargo, a causas de conflictos políticos y costos, la central no comenzó a operar hasta 1990 con la Unidad 1 y en 1995 con la Unidad 2.

Toda central o planta nucleoelectrica en el mundo deben de contar con una licencia de operación, otorgada por su órgano regulador, en el caso de México, su órgano regulador es la SENER a través de la CNSNS. Por medio de esta, se le otorgó a cada unidad una licencia, que tenían una vigencia de 30 años inicialmente, venciendo en 2020 y 2025 respectivamente.

La licencia para la Unidad 1, fue renovada en el 2020 por la SENER con el aval de la CNSNS³⁴, permaneciendo vigente hasta el 24 de julio del 2050, mientras que la licencia de la Unidad 2 fue renovada antes de su fecha de expiración, en agosto del 2022, con

³²[Ver anexo 1](#)

³³[Ver anexo 2](#)

³⁴ Secretaría de Energía. **Renueva SENER licencia de operación a Unidad 1 de la Central Nuclear Laguna Verde.** Disponible en Línea: Autor <https://www.gob.mx/sener/articulos/renueva-sener-licencia-de-operacion-a-unidad-1-de-la-central-nuclear-laguna-verde?idiom=es> (Consulta: marzo 21, 2024)

vigencia del 11 de abril del 2024 al 10 de abril del 2055³⁵. Quedando claro que la generación de energía nuclear continuara, al menos por los 30 años siguientes.

La CFE en una réplica a una nota demeritoria a Laguna Verde, en la cual se alegaba que la vida útil de la Unidad 1 y 2 eran de 40 años, respondió que, los 30 años establecidos en un inicio como vigencia de la licencia no significa que la central tenga una vida útil de 30 años, sino que se otorgó esta, de “*manera conservadora*”, siguiendo el modelo americano, toda vez que en E.U.A las licencias iniciales son por 40 años y “*la licencia que se otorga a un reactor es solo eso, una licencia, no un cálculo sobre su vida útil.*”³⁶ Por ende, la renovación de la licencia no significa que al terminarse la vigencia de dicha licencia, se termine la vida útil de la central.

A pesar de esto, CFE no ha emitido ningún comunicado respecto a la verdadera vida útil de Laguna Verde y realmente no existe una respuesta concreta respecto a cuanto es la vida útil de una central nucleoelectrica. En una nota publicada en el boletín de la OIEA, de 1987, se estima que “*la vida útil de la mayoría de las centrales nucleares oscila entre 20 y 40 años*”³⁷, esta es la hipótesis bajo la cual se operaba en ese entonces para definir la vida útil de una central y es la misma que se sigue utilizando y propagando hoy en día.

De lo mismo se pronunció el Consejo de Seguridad Nuclear de España en la Instrucción IS-2022, sobre requisitos de seguridad para la gestión del envejecimiento y la operación a largo plazo de centrales nucleares, diferenciando entre vida de diseño y vida útil:

*“«Vida de diseño»: Relativa a una ESC (estructuras, sistemas y componentes), se refiere al tiempo de funcionamiento estimado o calculado en el diseño, **durante el cual se espera que cumpla con su función**, en los términos establecidos en las bases de licencia*

*«Vida útil» (o «de servicio»): Relativa a una ESC, período de tiempo desde su puesta en funcionamiento hasta su retirada de servicio. **La vida útil puede ser mayor que la vida de diseño***

³⁵ Juárez, Ulises. **Renuevan licencia de operación a la Unidad 2 de Laguna Verde**. Disponible en línea: Energía a Debate <https://energiaadebate.com/renuevan-licencia-de-operacion-a-la-unidad-2-de-laguna-verde/> (Consulta: marzo 21, 2024)

³⁶ CFE. **A La Opinión Pública. Sobre La Central Nucleoelectrica “Laguna Verde”** Disponible en línea: Autor <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2074> (Consulta: marzo 21, 2024)

³⁷ Novak, Stanislav y Podest, Milan. “Envejecimiento y prolongación de la vida útil de las centrales nucleares: aspectos de seguridad”.1987. Disponible en línea: **OIEA BOLETÍN**. 4/1987, p.33 https://www.iaea.org/sites/default/files/29402043133_es.pdf (Consulta: marzo 21, 2024)

original, por ejemplo, cuando las condiciones reales de operación hayan sido menos severas que las supuestas en el diseño.”

Entonces de lo anterior se puede esgrimir, que la licencia otorgada en un inicio, a Laguna Verde, por 30 años, representaba solamente la vida de diseño, que “*de manera conservadora*” se le otorgaba a la central, mientras que su vida útil terminara en cuanto las condiciones reales de la operación ya no permitan su continuación. Por lo que, Laguna Verde **todavía tiene vida útil**.

Un tema de importancia en las centrales nucleares es el uso del agua, como establecido anteriormente, los reactores de Laguna Verde son tipo BWR. Estos utilizan agua en ebullición como moderador; no hay datos específicos ni confiables que nos especifiquen cuanta agua usa Laguna Verde, sin embargo, el Instituto de Energía Nuclear (NEI) estima que un reactor nuclear utiliza entre 1,514L a 2,725L por MWh³⁸. En el caso de los BWR, el agua es susceptible a ser reusada, sea para recircularla o en diversos procesos dentro de la planta.

Cabe mencionar que la Central, cuenta con el Plan de Emergencia Radiológica Externo, que marca el procedimiento a seguir, en protección de la población y el medio ambiente, en caso de una contingencia derivada de la operación de la central. Dicho plan está en constante supervisión por la CNSNS, específicamente la Subdirección de Emergencias.

En cuestiones de capacidad y producción, el Informe Anual 2022 de la CFE, reporta que la capacidad de Laguna Verde es de 1,608 MW, misma capacidad que el PIIRCE busca aumentar con 150 MW más. Mientras que la generación fue de 5,537 GWH en la Unidad 1 y 5,001 GWH en la Unidad 2, con un total de 10,539 GWH, representando el 7.7% de la energía producida por la CFE y al 21.6% de la energía limpia en el país³⁹. En comparación en 2023 se generaron 12 044 GWh, representando un incremento de 1 505 GWh, lo que equivalió al 8.32% de la energía producida por la CFE y al 33.62% de la energía limpia en el país.⁴⁰

³⁸ Membracon.Ob.Cit.

³⁹ CFE. Informe 2022. Ob. Cit.

⁴⁰ CFE. Informe 2023. Ob. Cit.

La generación alcanzada no fue la deseada, toda vez que la meta establecida para el año era de 11,236 GWH, dicha meta no fue alcanzada en 2022, debido a las recargas de combustible que se dieron. Es de importancia mencionar, que Laguna Verde debe ser recargada cada 18 meses, en esta recarga, el combustible nuclear ingresado al reactor es retirado de manera segura y uno nuevo es introducido.

Aún y siendo ese el caso, de acuerdo con el Informe Anual 2022, Laguna Verde generó \$16,212,360,000 en ingresos en el ejercicio del 2022, solamente de la generación, además generó \$68,930,000 por la venta de Certificados de Energías Limpias, descontando a esto los costos de operación y los costos de la recarga, la utilidad neta de Laguna Verde en 2022 fue de \$4,782,840,000, nada mal para una planta nuclear “sin vida útil”.

En cuestión de desechos radiactivos, en Laguna Verde gestiona sus residuos de manera interna, contando con una piscina de combustible gastado por unidad, dichas piscinas son temporales, ya que una vez “seco” el combustible gastado es transferido a una instalación independiente de almacenamiento en seco. En repetidas ocasiones la administración y la CNSNS han asegurado que no existe un sobre abastecimiento de residuos y estos se gestionan de una manera segura.

A nivel internacional, Laguna Verde se encuentra asociada a la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO, por sus siglas en inglés), dicha asociación realiza visitas bianuales de evaluación a la central, con la finalidad de asegurarse que se mantengan altos estándares de seguridad en la operación continua de la planta.

Esta colaboración permite a la central comparar su desempeño con los estándares internacionales, así como identificar áreas de oportunidad que le permitan adoptar mejores prácticas de operación y seguridad. Además, dicha asociación proporciona a la central el acceso a la experiencia y conocimientos de otros operadores de plantas nucleares en todo el mundo, estableciendo así su compromiso con la seguridad y la eficiencia de su operación.

Precisamente en una de estas visitas, en 2018, se reportó que, supuestamente, la central habría recibido 80.9 puntos sobre 100 posibles y que en ella se destacaban irregularidades y problemas en la administración⁴¹.

A raíz de esto, varios senadores exhortaron a SENER y a la CNSNS a que revelaran los resultados de las evaluaciones realizadas por la WANO.

Sin embargo, estas fueron desechadas por la Comisión de Energía, cuando realizó su investigación y presentó un dictamen al respecto⁴², en este dictamen se destaca que, a raíz de una recomendación de la WANO, se creó la Coordinación Corporativa Nuclear, la cual tiene como funciones la coordinación y supervisión del estado y situación operativa de la planta, evaluando planes de mejora y asegurar el cumplimiento de estándares de calidad.

Así mismo, se reafirma el compromiso de la nucleoelectrica con el medio ambiente y la población, establece que se cuenta con el Plan de Gestión de Residuos Radiactivos, en el cual se manejan de forma segura y eficaz siguiendo estándares internacionales, contando con dos almacenes de residuos que reducen el volumen de estos, por medio de técnicas de recuperación que incrementan el espacio en el cual se almacenan los residuos previo a su paso a un almacén en seco tipo ISFSI, utilizado por toda la industria nuclear.⁴³

Otro reconocimiento importante otorgado a Laguna Verde, son las certificaciones ISO, La central cuenta con dos de estas certificaciones, una de ellas es la ISO 14001, esto significa que la central nuclear cumple con los estándares internacionales en cuanto a la gestión de riesgos y reducción de impactos ambientales asociados a sus operaciones. La otra certificación con la cuenta es la ISO 9001, que se refiere a la gestión de la calidad, significando que la central opera de manera eficaz, cumple con sus metas y se encuentra comprometida con mantener altos estándares de calidad.

⁴¹Godoy, Emilio. “*Las deficiencias recurrentes de la Central Nuclear de Laguna Verde reviven fantasmas del pasado*” Ciudad de México: Mayo 28, 2021. Disponible en línea: **elpais.com** <https://elpais.com/mexico/2021-05-28/las-deficiencias-recurrentes-de-la-central-nuclear-de-laguna-verde-reviven-fantasmas-del-pasado.html> (Consulta: marzo 21, 2024)

⁴² Comisión de Energía. **Dictamen por el cual se desechan diversas proposiciones con punto de acuerdo relativas a la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde.** Disponible en línea: Sistema de Información Legislativa http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2023/02/asun_4490794_20230214_1670368702.pdf (Consulta: marzo 21, 2024)

⁴³ Loc. Cit.

3. ORGANISMOS RELEVANTES.

Este apartado estará dedicado a exponer los organismos relevantes, tanto nacionales como internacionales, que tienen relevancia en la generación de energía nuclear y por ende en Laguna Verde. Organismos nacionales como la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Organismos Internacionales como la Organización Internacional de Energía Atómica, el Organismo para la Proscripción de Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe, la Agencia de Energía Nuclear y la Asociación Mundial de Operadores Nucleares.

3.1 NACIONALES

Como órgano regulador en materia nuclear se encuentra la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), dicha es un órgano desconcentrado de la SENER y se encarga de regular y supervisar la materia nuclear en México. Fue creada en 1988 con el objetivo de garantizar la seguridad, protección radiológica y salvaguardias nucleares en el uso pacífico de la energía nuclear.

De acuerdo con su Manual de Organización y la Ley Reglamentaria, la Comisión tiene como principales funciones:

- El establecer normas (NOMS-NUC) y reglamentos para regular las actividades nucleares.
- Emitir licencias y autorizaciones para el uso de materiales radiactivos y equipos nucleares, además de emitir opiniones respecto de las licencias otorgadas a las plantas nucleares.
- Autorizar las licencias de transporte de material radiactivo, emitida por la Dirección General Adjunta de Seguridad Radiológica, por delegación de la Dirección General
- Supervisa la seguridad en las instalaciones nucleares, teniendo presencia permanente en Laguna Verde, esto a través de la Subdirección de Residencia de Laguna Verde.
- Así mismo supervisa los centros de investigación, hospitales que utilizan radioterapia, entre otros. Esto a través de las direcciones y subdirecciones de la Dirección General Adjunta de Seguridad Radiológica.

- Se encarga de la gestión segura de los desechos radiactivos en las plantas nucleares, supervisando que se cumpla con la normativa en la materia, a través de la Subdirección de Gestión de Desechos.
- Establece las medidas para proteger a las personas y el medio ambiente de los efectos nocivos de la radiación ionizante, como la radioterapia médica, los rayos X y otros procedimientos radiológicos.
- Asegura el cumplimiento del Tratado de Tlatelolco, supervisando que la materia nuclear tenga fines pacíficos.
- Una de sus funciones más importantes es la de Salvaguardias, emitiendo medidas para seguridad nuclear y cumpliendo con las establecidas por la OEIA.

Como mencionado anteriormente, la materia nuclear en México tiene 4 aspectos: el energético, transporte, investigación y salud, la CNSNS se encarga de regular todos estos aspectos.

Este organismo es el más importante para la generación de energía nuclear en el país, ya que vigila y asegura la generación de una manera segura para las personas y el medio ambiente. A pesar de su importancia y relevancia, su presupuesto sigue limitado, de acuerdo con el Presupuesto de Egresos de la Federación, en el 2023 la CNSNS tuvo un presupuesto de \$109,006,408 de pesos⁴⁴, en comparación la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), el mismo año, tuvo un presupuesto de \$233,949,815 de pesos⁴⁵, más del doble que la CNSNS.

Al igual sus funciones en la creación del marco regulador en materia energética se ven limitadas. En la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética se establecen como estos órganos a la Comisión Nacional Reguladora de Energía y a la

⁴⁴ Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2023. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 18: Energía.** Disponible en línea: Autor, p.28 https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/atbnZdy0/PEF2023/ktp8ldcM/docs/18/r18_apurog.pdf (Consulta: marzo 21, 2024)

⁴⁵ Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2023. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 46: Comisión Nacional de Hidrocarburos.** Disponible en línea: Autor https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/atbnZdy0/PEF2023/ktp8ldcM/docs/46/r46_apurog.pdf (Consulta: marzo 21, 2024)

Comisión Nacional de Hidrocarburos, con atribuciones varias en el sector energético, como:

- Disponer de ingresos derivados de los derechos y aprovechamientos que se establezcan para financiar su presupuesto
- Definir el marco de trabajo para el cumplimiento del Programa Nacional de Desarrollo
- Otorgar permisos y autorizaciones vinculados a las materias reguladas
- Proponer al Ejecutivo Federal actualizaciones al marco jurídico en materia energética
- Ordenar y realizar visitas de inspección, entre otras.

Básicamente, tienen las facultades de establecer el día a día en el sector energético, también, cabe mencionar que ambos órganos antes de la emisión de esta ley eran desconcentrados de la SENER, al igual que la CNSNS, sin embargo, a esta no se le dio lugar en la toma de decisiones en el sector. Se establece en la misma ley que los órganos reguladores tendrán un Consejo de Coordinación del Sector Energético, el cual propone el desarrollo de las políticas públicas en materia energética.

Del mismo son miembros: el titular de la SENER, sus subsecretarios, los comisionados presidentes de los órganos reguladores, el director general del Centro Nacional de Control del Gas Natural y el director del CENACE. Nuevamente, ¿Quién no está invitada a sentarse en la mesa? La CNSNS, la cual solo puede ser parte de las reuniones del consejo a juicio del Secretario de Energía.

Claramente, si buscamos incrementar la generación de energía nuclear en México, su órgano regulador debería tener mayores atribuciones y un asiento en la mesa que se toman las decisiones que le afectan.

Como mencionado anteriormente, una de las funciones principales de la CNSNS, es la supervisión y gestión de los desechos radiactivos que se lleva a cabo en Laguna Verde y que esta se esté llevando a cabo en conformidad con las NOM-NUCL y que no se contravengan con las demás normas aplicables. De no contar con estas salvaguardas, posibles gracias a la CNSNS, la generación de energía nuclear en México sería altamente riesgosa, para sus trabajadores y la población, he ahí la importancia de este órgano.

Un segundo organismo relevante en la materia nuclear es el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el cual es un centro de investigación dedicado a la contribución del conocimiento científico y tecnológico de la materia nuclear en México y a la promoción de los usos pacíficos de la energía nuclear. A diferencia de la CNSNS, el ININ es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios.

Sus funciones cobran relevancia en la materia nuclear toda vez que, una de sus funciones es emitir su opinión de los convenios que suscriba la SENER en materia de desarrollo tecnológico de la materia. Además de entrenar y capacitar personal en el manejo seguro de los elementos nucleares y prestar asistencia técnica en el diseño, construcción y operación de las instalaciones radiactivas.

Si bien no tienen injerencia directa en la generación de energía nuclear, ya que sus funciones no lo establecen, si tienen importancia en el sector nuclear no-energético, es decir en el uso de elementos radiactivos para la medicina, industria, agricultura e investigación. Además, son el organismo que gestiona los desechos radiactivos producidos en actividades no energéticas, contando con un centro de almacenamiento de desechos radiactivos y una planta de tratamiento de desechos radiactivos.

También, cuentan desde 1968 con un reactor nuclear de investigación, 22 años de Laguna Verde. Dicho reactor nuclear fue financiado por la OIEA, este reactor funciona a base de uranio bajo enriquecido y es utilizado, entre otras cosas, para la producción de radioisótopos para la fabricación de radiofármacos, análisis por activación neutrónica que determinan elementos trazas en suelos, minerales y alimentos, y el estudio de componentes de la Central Laguna Verde.⁴⁶

3.2 INTERNACIONALES

Los organismos internacionales desempeñan un papel crucial en el escenario global, facilitando la cooperación entre naciones y abordando desafíos que trascienden las fronteras nacionales. A nivel internacional, la industria nucleoelectrica se encuentra ampliamente

⁴⁶ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. **Reactor de investigación TRIGA Mark III.** Disponible en línea: Autor <https://www.gob.mx/inin/es/articulos/reactor-triga-mark-iii-143366?idiom=es> (Consulta: marzo 21, 2024) [Ver anexo 3](#)

regulada por acuerdos y tratados internacionales que tienen como objetivo el vigilar la no proliferación de armas nucleares en los países suscritos y asegurar que se mantengan estándares rigurosos en materia de seguridad nuclear.

A raíz de estos acuerdos y tratados, se crean los organismos internacionales supervisores y reguladores de la materia. En el contexto de México, los principales son el OPANAL y la OIEA, la relación con estos surge a raíz del Tratado de Tlatelolco, en el cual se crea el OPANAL y se compromete a los estados signatarios de suscribir acuerdos de salvaguardias con el OIEA. También son de importancia la Agencia de Energía Nuclear y la Asociación Internacional de Operadores Nucleares.

El Organismo para la Proscripción de las Armas Nucleares en América Latina y el Caribe (OPANAL) es el único organismo internacional que opera de manera regional para el desarmamiento nuclear y el uso de la energía nuclear para fines pacíficos. Se establece en 1969, resultante del clausulado séptimo del Tratado, con la finalidad de asegurar el cumplimiento de las obligaciones de este, a la par se crea un Sistema de Control. OPANAL tiene su sede en la Ciudad de México, con una estructura que consta de tres órganos principales: la Conferencia General, el Consejo y la Secretaría.

La Conferencia General se encuentra compuesta por los Estados Parte y es el órgano supremo que se reúne regularmente para abordar asuntos de relevancia para el cumplimiento de las funciones del organismo, sus reuniones ordinarias son bienales y extraordinarias cuando se requieran. Tiene atribuciones amplias que incluyen la aprobación del presupuesto, la elección de autoridades clave como el Secretario General, y la toma de decisiones sobre aspectos fundamentales del organismo.

Por su parte, el Consejo está compuesto por 5 miembros elegidos por la Conferencia General por un periodo de 4 años. Tiene la responsabilidad de supervisar el buen funcionamiento del organismo, especialmente en lo que respecta al Sistema de Control establecido, además de cumplir con las directivas de la Conferencia General.

Finalmente, la Secretaría se encuentra encabezada por un Secretario General, quien es el más alto funcionario administrativo del Organismo y desempeña un papel clave en la administración diaria del organismo. Su función abarca desde la coordinación del personal hasta la distribución de información relevante entre las Partes Contratantes. La

independencia y responsabilidad del Secretario General se subrayan en las disposiciones que lo protegen de influencias externas y garantizan su dedicación exclusiva al funcionamiento del organismo.

El ya mencionado Sistema de Control, se encarga de verificar principalmente que el uso de la energía nuclear sea pacífico y que esta no sea utilizada en el ensayo y fabricación de armas nucleares por el Estado Parte o por otro externo que busque realizarlo dentro de la zona de aplicación del Tratado.

Del mismo Tratado se desprende la obligación de los Estados Parte de firmar acuerdos de salvaguardias con el OIEA. México es parte del Organismo Internacional de Energía Atómica desde su fundación en 1957.

El OIEA tiene como misión la difusión de mecanismos de seguridad para el uso pacífico de la energía nuclear. Es parte clave de asegurar el cumplimiento del Tratado Internacional de No-Proliferación, firmado en 1968, por el cual los Estados Parte de la ONU se comprometen al uso pacífico de la energía nuclear y permitiendo solamente a 5 países (E.U.A, Reino Unido, Francia, Rusia y China) al desarrollo de armas nucleares.

La *raison d'être* del Organismo se puede delimitar a tres pilares fundamentales en su funcionamiento cotidiano:

- **Seguridad Nuclear y Radiológica:** se busca fortalecer la seguridad en la operación de instalaciones nucleares, la gestión responsable de desechos radiactivos y la protección de las personas y el medio ambiente frente a los riesgos asociados con la radiación ionizante. Esto incluye el establecimiento de normas/directrices internacionales, la evaluación de la seguridad nuclear y la asistencia técnica a los Estados miembros para mejorar sus capacidades en esta área, esto por medio de la firma de acuerdos de cooperación.
- **Control de No Proliferación:** el Organismo desempeña un papel crucial en la prevención de la proliferación de armas nucleares al verificar y garantizar el cumplimiento de los compromisos de no proliferación nuclear por parte de los Estados miembros. Esto se logra en colaboración con el Grupo de Proveedores Nucleares a través de inspecciones, verificaciones y el monitoreo de actividades nucleares para detectar cualquier desviación de fines pacíficos.

- **Uso Pacífico de la Tecnología Nuclear:** El OIEA promueve el uso pacífico de la tecnología nuclear en áreas como la medicina, la agricultura, la industria y la protección del medio ambiente. Esto incluye el apoyo a programas de investigación y desarrollo, la capacitación de personal especializado y la transferencia de conocimientos y tecnologías entre países, este pilar en México se cumple principalmente con la relación entre el ININ y el Organismo.

Además, cumple con la protección del derecho humano del Acceso a la Información Pública, mediante el Sistema de Información de Reactores Nucleares (PRIS, por sus siglas en inglés) en el cual se mantiene una base de datos comprensiva de los reactores nucleares a nivel global, así como de información sobre su funcionamiento óptimo, en base a lineamientos internacionales.

La Agencia de Energía Nuclear (NEA por sus siglas en inglés) es un organismo parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que tiene como misión el apoyar a los Estados Miembros a mantener estándares altos de seguridad nuclear, así como promover la cooperación entre Estados para el desarrollo de sus industrias nucleares. Esta agencia, recurrentemente, trabaja de la mano con la OIEA y el adhesión del país a esta, demuestra el compromiso que se tiene con mantener altos estándares de calidad y seguridad.

La Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO), es la organización independiente más importante en materia de seguridad nuclear en las plantas nucleares. Esta ofrece evaluaciones de alta calidad que propician la seguridad de los trabajadores, así como de terceros, también emite recomendaciones para el mejoramiento constante de los protocolos de seguridad y ofrece apoyo y entrenamientos a los miembros que lo soliciten.

Laguna Verde es miembro desde 1997 y ha recibido 11 visitas de la organización⁴⁷, de las cuales han resultado diversas implementaciones a los protocolos y funcionamiento de la planta, como fue en 2021, la creación de la Coordinación Corporativa Nuclear, a recomendación de WANO. Los resultados de dichas evaluaciones no han sido compartidos

⁴⁷ Secretaría de Energía (México). **Informe Nacional que presentan los Estados Unidos Mexicanos para satisfacer los compromisos de la Convención sobre Seguridad Nuclear. Periodo 2019-2021.** Disponible en Línea: Autor, p. 113 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/843327/Informe_Nacional-Mexico_2022.pdf (Consulta: marzo 23,2024)

al público, pero en lo general, a través de los Informes Nacionales para satisfacer los compromisos de la Convención sobre Seguridad Nuclear, que publica la SENER de forma bienal, la más actual, comprende el periodo de 2019-2021 y fue publicada en 2022, por lo que este año deberían de publicar el periodo 2021-2023.

4. PROTECCIÓN AMBIENTAL EN MATERIA NUCLEAR

Derivado de obvias preocupaciones concerniente a la materia, este apartado tiene como objetivo establecer que existen un sin número de regulaciones que buscan brindar seguridad en materia ambiental a la generación de energía nuclear. Me enfocaré principalmente en México, utilizando la legislación disponible.

La protección ambiental materia nuclear es vital para la continuación de la generación por este medio. En México se busca balancear el desarrollo energético y por ende económico, con la preservación ambiental y la salud de la población. Para lograr este balance, se han establecido marcos legales, reglamentos y normativas que regulan las actividades nucleares y radiológicas, garantizando así la seguridad y protección del medio ambiente.

La LGEEPA es el marco legal que regula las actividades que puedan generar contaminación/daño al ambiente. Esta ley, debería ser la principal fuente de mecanismos de protección ambiental, sin embargo, como mencionado anteriormente, carece en materia nuclear, estableciendo de manera antinómicamente la obligación de realizar una Manifestación de Impacto Ambiental cuando se trate de actividades nucleares, a pesar de esto, sus disposiciones respecto a las actividades altamente riesgosas resultan de importancia para la materia y serán abordadas más adelante.

El Reglamento General en Seguridad Radiológica (RGSR), es expedido por el presidente Miguel de la Madrid en 1988, con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en el capítulo IV de la Ley Reglamentaria.

El RGSR establece los requisitos técnicos y administrativos para garantizar la protección radiológica de las personas y el ambiente en instalaciones nucleares y radiactivas. Así mismo, abarca aspectos como la gestión responsable de desechos radiactivos, la seguridad en el transporte de materiales nucleares, la protección de los

trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes y la vigilancia de partículas radioactivas en el entorno.

Es precisamente, en este reglamento, que se establece la obligación del permisionario (quien tiene permiso o licencia para desarrollar actividades nucleares, para estos efectos, CFE) de contar con un Grupo de Seguridad Radiológica, contar con un programa de seguridad radiológica, de emergencia y realizar diversos informes a la comisión.

Las NOM-NUCL, expedidas por la CNSNS, son un conjunto de regulaciones específicas para el sector nuclear en México, que incluyen normas sobre seguridad nuclear, protección radiológica, gestión de desechos radiactivos y otras áreas relacionadas. Estas normas se basan en estándares internacionales y son fundamentales para asegurar que las actividades nucleares se realicen de manera segura y ambientalmente responsable.

El Manual de Organización de la CNSNS define claramente las responsabilidades y funciones de esta comisión en relación con la protección ambiental. Establece los procedimientos y criterios para la evaluación de proyectos nucleares, la autorización y supervisión de instalaciones nucleares, la inspección y vigilancia de actividades nucleares, y la gestión de desechos radiactivos.

También se aborda la importancia de la cooperación internacional en materia de seguridad nuclear y protección ambiental. La CNSNS participa activamente en redes y acuerdos internacionales, incluyendo la colaboración con la OIEA, para compartir información, buenas prácticas y experiencias en el ámbito nuclear. Esta colaboración contribuye a fortalecer las capacidades regulatorias y técnicas de México en el campo de la energía nuclear, asegurando la protección ambiental.

En el caso de Laguna Verde, se han establecido lineamientos y protocolos de operación que cumplen con las normativas nacionales e internacionales en materia de seguridad y protección ambiental. Esto incluye la implementación de sistemas de monitoreo ambiental continuo para detectar cualquier impacto radiológico en el entorno, la gestión adecuada de los desechos radiactivos generados durante la operación y el cumplimiento estricto de los requisitos de seguridad establecidos por la OIEA. Esto es fundamental para

garantizar que Laguna Verde opere de manera segura y ambientalmente responsable, cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales en materia de energía nuclear.

Los protocolos internos de supervisión y vigilancia ambiental que deben seguirse para garantizar la seguridad y protección radiológica en las operaciones de la planta nuclear se establecen en el Manual. Un tema de suma importancia que aborda el Manual concerniente a Laguna Verde es la gestión de desechos radiactivos en sitio, la central gestiona esto con dos piscinas de desechos y un centro de almacenamiento en seco, esto es supervisado por la CNSNS a través de la Subdirección de Gestión de Desechos, como establecido en el Manual.

La OIEA también juega un papel importante en la protección ambiental en el ámbito nuclear a nivel mundial, ya que a través de sus lineamientos se promueven las mejores prácticas en seguridad nuclear, protección radiológica, gestión de desechos radiactivos y otros aspectos relacionados. En el caso de México, la colaboración con la OIEA garantiza que las actividades nucleares se realicen de acuerdo con los más altos estándares internacionales de seguridad y protección ambiental.

La responsabilidad ante posibles daños nucleares es un tema recurrente de esta tesis y la Ley de Responsabilidad, también tendría que ser aplicable en protección del medio ambiente. Esta ley define al daño nuclear como:

“La pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales y los daños y perjuicios materiales que se produzcan como resultado directo o indirecto de las propiedades radioactivas o de su combinación con las propiedades tóxicas, explosivas u otras propiedades peligrosas de los combustibles nucleares o de los productos o desechos radioactivos que se encuentren en una instalación nuclear, o de las sustancias nucleares peligrosas que se produzcan en ella, emanen de ella, o sea consignadas a ella;”

Esta definición no menciona nada del ambiente, ni es equiparable con la definición de daño ambiental proporcionado por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA), sin embargo, si lo es con la obligación derivadas de la realización de actividades consideradas como Altamente Riesgosas.

La ley, en su artículo 2, fracción I, define así a las actividades consideradas altamente riesgosas *“las actividades que implican la generación o manejo de sustancias*

*con características corrosivas, reactivas, **radioactivas**, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas en términos de lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”*

Por su parte, la fracción III del artículo 12, establece como objetiva la responsabilidad ambiental derivada de daños ocasionados al ambiente que devengan directa o indirectamente de la realización de actividades consideradas como altamente riesgosas, yo creo que en esta caso en particular se deberá tomar lo dispuesto en la Ley de Responsabilidad, así como lo previsto en la LFRA, respecto a la compensación ambiental y reparación del daño.

De la misma forma, la LGEEPA establece dos obligaciones para quienes realicen actividades altamente riesgosas, en el caso del manejo de sustancias radioactivas, aquí también aplica para la CFE como operador de Laguna Verde. Estas obligaciones son: formular y presentar a SEMARNAT para su aprobación, los programas de prevención de accidentes que puedan causar graves desequilibrios ecológicos, así como un estudio de riesgo ambiental (147) y el contar con un seguro de responsabilidad ambiental (147 bis).

En el tema de prevención, Laguna Verde cuenta con varios programas de prevención y atención a emergencias, constantemente se implementan nuevas medidas que mejoran los programas. Un énfasis que le dan en la central es el “Programa de Desempeño Humano” que busca reducir y mitigar los errores humanos que puedan ocurrir y de acuerdo con el Informe Nacional que se presenta en concordancia al artículo 5 de la Convención sobre seguridad nuclear:

“Este programa consta de actividades para mejorar la conducta del personal a través del conocimiento de los fundamentos del Desempeño Humano y del conocimiento, uso y aplicación de las técnicas de reducción de errores para cumplir con los objetivos de una tarea, de acuerdo con los estándares establecidos en la CNLV. Estas técnicas han permitido minimizar los eventos y su importancia para la seguridad.”⁴⁸

Además, en el evento de que ocurra un accidente nuclear, la central cuenta con dos programas de emergencia, el Plan de Emergencia Interno (PEI) y el Plan de Emergencia Radiológica Externa (PERE), el interno es realizado e implementado por la CFE, en apego

⁴⁸ Ídem., p. 224

a estándares internacionales⁴⁹, mientras que el PERE es el resultado de una cooperación de diversos órganos como la CNSNS, el ININ y el Centro Nacional de Prevención de Desastres.⁵⁰

El PERE tiene como propósito el combatir una posible emergencia provocada por un accidente en Laguna Verde, las siguientes actividades son las actividades que se realizan ante una posible emergencia:⁵¹

- Comando y control PERE-600
- Control de la exposición radiológica al personal de respuesta PERE-601
- Monitoreo, clasificación y descontaminación de evacuados PERE-602
- Traslado de lesionados PERE-603
- Atención médica especializada radiológica PERE-604
- Atención médica general PERE-605
- Profilaxis radiológica PERE-606
- Control de agua y alimentos PERE-607
- Atención a damnificados PERE-608

Además de la obligación de contar con los programas anteriores, la obligación de contar con un seguro de riesgo ambiental es cumplida por parte de la CFE de manera eficaz, así mismo como con la obligación de tener un seguro de responsabilidad civil, que establece el artículo 7 de la Convención de Viena de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares.

La LGEEPA, en su artículo 147 bis, además de establecer la obligación del seguro ambiental, también establece que la SEMARNAT con aprobación de las Secretarías de Gobernación, Energía, Economía, Salud y de Trabajo y Previsión Social, integrara un Sistema Nacional de Seguros de Riesgo Ambiental.

Este Sistema Nacional de Seguros de Riesgo Ambiental es inexistente, no se sabe nada de él. La inclusión de la obligación de un seguro de riesgo ambiental es parte de una reforma del 2001, sin embargo, la iniciativa del Presidente Fox no incluía esta disposición.

⁴⁹ Ídem, 224

⁵⁰ Suárez, Gerardo. **El ININ y su participación en el Plan de Emergencia Radiológica Externo de la Central Laguna Verde.** Disponible en línea : OIEA, p.1 <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/32/030/32030507.pdf> (Consulta: marzo 25, 2024)

⁵¹ Ídem, p. 3

Fue en la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Cámara de Diputados, que se añadió esta disposición⁵², la justificación que se le dio fue la siguiente:

“se debe considerar que estas actividades pueden generar daños en ocasiones irreversibles a los ecosistemas y a la salud pública, y que además, no existen mecanismos claros para obligar a mitigar los daños ambientales y sociales de forma pronta y adecuada, por ello es necesario que las leyes establezcan como obligatorio contar con seguros de riesgo ambiental para éstas actividades, de tal que forma el federalismo en materia ambiental avance con la seguridad que se requiere, por ello proponemos añadir un artículo 147 BIS.”

Como se puede observar, la justificación no hace referencia en absoluto de un Sistema Nacional de Seguros de Riesgo Ambiental, sin embargo, el transitorio cuarto del decreto que reforma, establece lo siguiente:

*“Los seguros de riesgo ambiental estarán sujetos a un Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para el Establecimiento de Seguros y Primas por Riesgo Ambiental. Para tal efecto, **la Secretaría, habrá de publicar este marco reglamentario, a más tardar en un año después de la entrada en vigor del presente Decreto.**”*

A 23 años de esta reforma, el reglamento que se menciona no existe. A pesar de lo anterior, en el caso de Laguna Verde, operada por CFE, gracias al Programa de Aseguramiento Integral (PAI), anualmente se paga una póliza de aseguramiento que cubre daños físicos de la central, responsabilidad civil, responsabilidad civil ambiental y descontaminación.

De acuerdo con la Auditoría Superior de la Federación, estos seguros *“operan bajo un esquema tradicional de seguros, en el que una aseguradora cubre los riesgos contratados con sus recursos, mediante el pago de indemnizaciones que rebasen el importe del deducible por los siniestros que cumplan los requisitos previamente , establecidos”*⁵³

⁵²Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales. **Dictamen de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con proyecto de decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.** Disponible en línea: SCJN <https://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?q=zmlkJ/89AXJJKR Y4OR4AdJfDMzhkPqPAnxAq/gybJjLcbENYn30xcxb9PZDKc+rp2VQJ03iO214qKtZL4+aT9w> (Consulta: marzo 27, 2024)

⁵³Auditoría Superior de la Federación. **Informe Individual del Resultado de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública 2020.** Disponible en línea: Autor https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2020b/Documentos/Auditorias/2020_0464_a.pdf (Consulta: marzo 27, 2024)

El contrato de aseguramiento⁵⁴ es compartido de manera mancomunada por las aseguradoras Atlas (36%), Mapfre (32%) e Inbursa (32%), anteriormente GNP también formaba parte de la mancomunidad, pero desde 2021, el contrato es compartido solo por las tres aseguradoras. Este año (2024) se pagaron \$8,552,342.83 USD, de prima neta más gastos de expedición por el aseguramiento que tiene una vigencia de un año, del 30 de Junio de 2024 al 30 de Junio de 2025, además tiene un límite único y combinado de \$377,710,000 USD⁵⁵ por uno o varios eventos, este monto es evidentemente mayor al máximo previsto por la ley, de 100 millones de pesos.

Así mismo se establece un monto límite de 100 millones de dólares por daños a terceros, ocasionados por el traslado de combustible nuclear nuevo y gastado, así como 20 millones en gastos de defensa por daño nuclear (con independencia del límite de daño nuclear), 5 millones por responsabilidad civil legal por daños no nucleares y 2 millones 500 por gastos de defensa por daños no nucleares a terceros (incluidos en el límite de daños no nucleares)

En la Ley de Responsabilidad no se establece como requisito el contar con un contrato de seguro que cubra los daños incurridos y exenta a los organismos y/o entidades públicas de otorgar seguros y garantías financiera para garantizar los daños nucleares. Lo anterior no excluye al operador de contratar un seguro para la garantía de los daños incurridos, en la normatividad internacional si existe esta obligación.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTROS PAÍSES

En esta sección realizaré un análisis comparativo, entre la generación de energía nuclear en Estados Unidos, Argentina y Francia, con nuestro país. El análisis del sistema de estos países no fue seleccionado arbitrariamente.

Estados Unidos, nuestro país vecino al norte es pionero en la generación de energía nuclear y su cercanía a nuestro país puede resultar en una cooperación extensiva para

⁵⁴CFE. **Actualización de Obligaciones de Transparencia, del Artículo 70, fracción XXVIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.** Disponible en línea: Autor <https://portales-transparencia.cfe.mx/corporativo/28%20Procedimientos%20de%20Contratacin/Coordinaci%C3%B3n%20de%20Proyectos%20Especiales%20y%20Racionalizaci%C3%B3n%20de%20Activos/2024/T2%20Contrato%20COOPERA%20801113737.pdf> (Consulta: marzo 27, 2024)

⁵⁵ CFE. **Póliza de Responsabilidad Civil Central Laguna Verde 2024-2025.** Disponible en: Micrositio de Concursos de CFE <https://msc.cfe.mx/Aplicaciones/NCFE/Concursos/> (Consulta: mayo 19, 2024) [Ver anexo 4](#)

incrementar la producción en México. Por su parte, Argentina, es el país Latinoamericano con más reactores nucleares en uso, mientras que Francia genera la mayoría de su electricidad por medio de reactores nucleares.

A través de este análisis, propongo, no solo identificar similitudes y diferencias entre el marco legal aplicable, la tecnología utilizada y la generación de energía nuclear de los países, sino también identificar estrategias aplicables que puedan beneficiar y encaminar a nuestro país hacia la sostenibilidad energética con ayuda de la generación de energía nuclear. Utilizar este enfoque comparativo nos permitirá abordar la energía nuclear no solo como una opción viable, sino como una herramienta crucial para enfrentar los retos energéticos y ambientales a los que se enfrenta México.

5.1 **ARGENTINA**

Como mencione anteriormente, Argentina es el país latinoamericano con más reactores nucleares. De acuerdo con el PRIS, el 6.3% de la electricidad en Argentina proviene de 3 reactores nucleares, con una capacidad neta de 1 641 MW(e), con una generación de 8 963 GWh en 2023⁵⁶. Estos tres reactores funcionan a base de agua pesada y no utilizan uranio enriquecido, sino que utilizan óxido natural de uranio y producen más energía por kilogramo de uranio extraído que otros tipos, sin embargo, también producen más combustible usado por unidad, lo que lleva a que no puedan ser reintroducidos al proceso.⁵⁷

Argentina, al igual que México, es país miembro de la OIEA y del OPANAL, por los cuales se comprometen a solo dar uso pacífico a la generación de energía nuclear. La industria es regulada por la Ley Nacional de la actividad nuclear y diversas leyes provinciales que prohíben la instalación de plantas nucleares en las mismas.

Tienen como órgano principal la Comisión Nacional de Energía Atómica, organismo dependiente de la Secretaría de Energía, que ejecuta los lineamientos fijados por

⁵⁶ OIEA. **Argentina**. Disponible en línea: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=AR> (Consulta: junio 21, 2024)

⁵⁷ Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Reactores Pressurised Heavy Water Reactor (PHWR)**. Disponible en línea: Autor. https://www.cchen.cl/?page_id=3753 (Consulta: junio 21, 2024)

el Gobierno Nacional en referencia al sector nuclear⁵⁸, así mismo cuentan con la Autoridad Regulatoria Nuclear que regula y fiscaliza la actividad nuclear, no solo en el ámbito energético, sino también en seguridad radiológica, protección y seguridad física, y salvaguardias y no proliferación.⁵⁹

Ahora, si bien Argentina cuenta con más reactores nucleares que otros países en Latinoamérica y deriva más electricidad generada por energía nuclear que estos, sigue siendo el que menos energía nuclear genera. En comparación con Laguna Verde que en 2023 generó 12 044 GWh, es decir el 4.9% de la generación total (contando lo producido por privados y entregado a CFE), en cambio, Argentina solo se generó 8 963 GWh, representando el 6.3% de la generación total de energía, con 1 reactor más que en México. El país latinoamericano que más energía nuclear produjo en el año 2023 fue Brasil, con 14 517 GWh, pero solo represento el 2.2% de su generación total de energía.

Las estadísticas anteriores no pueden ser tomadas como absolutas, cuando se toma en cuenta la demanda e infraestructura de los países, mientras que Argentina genera un total de 141 397 GWh⁶⁰ para una población de 46,234,830 personas⁶¹, México genera 248 001 GWh para 126,014,024 personas⁶².

5.2 ESTADOS UNIDOS

Como pionero de la generación de energía nuclear, Estados Unidos cuenta con la red más grande de reactores nucleares en el mundo y es el mayor generador de energía nuclear en el mundo, generando 775 000 GWh el año pasado, con 94 reactores nucleares, lo que represento el 18.5% de su generación total de electricidad. En su gran mayoría los reactores utilizados son tipo PWR⁶³

⁵⁸ Comisión Nacional De Energía Atómica. **¿Qué es la Comisión Nacional de Energía Atómica?** Disponible en línea: Gobierno de Argentina <https://www.argentina.gob.ar/cnea/institucional> (Consulta: junio 21, 2024)

⁵⁹ Autoridad Regulatoria Nuclear. **Acerca de ARN.** Disponible en línea: Gobierno de Argentina <https://www.argentina.gob.ar/arn/informacion-para-la-comunidad/acerca> (Consulta: junio 21, 2024)

⁶⁰ OEIA. Argentina. Loc.Cit.

⁶¹ Gobierno de Argentina. **Población de Argentina.** Disponible en línea: Autor <https://www.argentina.gob.ar/pais/poblacion> (Consulta: junio 21, 2024)

⁶² INEGI. **Censo de Población y Vivienda 2020.** Disponible en línea: Autor <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/> (Consulta: junio 22, 2024)

⁶³ OIEA. **Estados Unidos.** Disponible en Línea: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=US> (Consulta: julio 3, 2024)

La Comisión Reguladora Nuclear, NRC por sus siglas en inglés, es el ente independiente que se encarga de regular la industria de energía nuclear en Estados Unidos, entre sus funciones se encuentra el regular las plantas nucleares comerciales, el uso de materiales radioactivos en otros campos, emitir salvaguardias para la generación de energía nuclear, así como para su desecho seguro.

A diferencia de México y Argentina, la industria de la energía nuclear no está limitada al gobierno, sino también privados pueden operar y ser dueños de plantas nucleares y es la Comisión quien se encarga de emitir sus permisos y vigilarlos, muchas de los reactores nucleares en uso actualmente, son propiedad de particulares, mientras otras son manejadas por empresas y/o asociaciones en las cuales gobiernos locales son dueños.⁶⁴

La apertura a privados ha permitido el crecimiento de la industria nuclear americana a un nivel como ningún otro país, ejemplo de esto son las empresas: Dominion Energy, Constellation Energy y Entergy que dominan el mercado y son empresas Fortune 500. Sin embargo, también puede llevar a casos de corrupción y abusos en el mercado, como sucedió en el caso de FirstEnergy en el Congreso de Ohio en el 2020, en donde la Legislatura de Ohio resolvió otorgar un “bailout” a la empresa por \$1.3 billones de dólares, posterior a esto se dio a conocer que el Vocero de la Cámara de Representantes de Ohio, Larry Householder, había recibido \$60 millones por medio de una empresa que el controlaba, de parte de la empresa FirstEnergy.⁶⁵

Otro tema de interés en EUA es lo concerniente a la responsabilidad por daños nucleares. Anteriormente, se estableció que la Convención de Viena de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, marca 5 millones de dólares como monto mínimo de Responsabilidad. En el caso de Estados Unidos, ellos firmaron y ratificaron la Convención y sus modificaciones, por lo cual se encuentran sujetos a los términos actualizados y homologados con la Convención de París.

Así mismo, promulgaron la ley Price-Anderson, por la cual los operadores deben de contratar un seguro por medio de una aseguradora privada, por 500 millones de dólares en

⁶⁴ Energy Information Administration. **Nuclear Reactor Ownership**. Disponible en línea: Autor <https://www.eia.gov/nuclear/reactors/ownership.php> (Consulta: julio 3, 2024)

⁶⁵ Wamsley, Laurel. “*Ohio House Speaker Arrested in Connection With \$60 Million Bribery Scheme*.” 21 de Julio, 2020. Disponible en Línea: NPR. Sección Nacional <https://www.npr.org/2020/07/21/893493224/ohio-house-speaker-arrested-in-connection-to-60-million-bribery-scheme> (Consulta: julio 4, 2024)

un primer nivel, para cubrir los daños ocasionados. El segundo nivel, implica los daños que rebasen los 500 millones del primer nivel, para esto los operadores en conjunto, cuentan con una insurance pool, en la cual se destinan 158 millones que pagan al iniciar sus operaciones, de este segundo seguro se pagan aproximadamente 1.1-1.5 millones de dólares. Actualmente, esta insurance pool cuenta con más de 16 billones de dólares, que están destinados a utilizarse en caso de un accidente nuclear y es manejada por American Nuclear Insurers, un conjunto de empresas aseguradoras.⁶⁶

5.3 FRANCIA

Francia es el país que más depende de energía nuclear para satisfacer la demanda energética de sus ciudadanos. De acuerdo con datos del PRIS, generó 320 400 GWh en 2023 con 56 reactores activos y uno más en construcción, equivaliendo al 64.8% del total de electricidad generada en el año. Desde el descubrimiento de la radioactividad del uranio en 1896, por el francés Henri Becquerel, Francia ha estado involucrado en el estudio y desarrollo de su sector energético a base de radiación.

La industria nuclear en Francia se encuentra regulada principalmente por el Ministerio de Transición Ecológica y la Autoridad de Seguridad Nuclear (ASN), esta última contribuye en la regulación, autorización, monitoreo y salvaguardias de las plantas nucleares y sus desechos⁶⁷. De igual manera, el país, es Estado miembro de la AIE (Agencia Internacional de Energía) y la OIEA, sujeto a las mismas obligaciones que México en cuestión de energía nuclear, no está de más mencionar que también son signatarios del Acuerdo de París.

El primer reactor nuclear en el país comenzó sus operaciones el 22 de abril de 1959 en lo que se conoció como “el sitio nuclear de Marcoule”, posteriormente se instaló otro en 1960 y 1973, respectivamente, funcionaban a base de grafito y gas, por sus precios más

⁶⁶ Nuclear Regulatory Commission. **Backgrounder on Nuclear and Disaster Relief**. Disponible en línea: Autor <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/nuclear-insurance.html> (Consulta: agosto 4, 2024)

⁶⁷ European Nuclear Safety Regulators Group. **France. Nuclear Regulatory Authority**. Disponible en línea: Autor <https://www.ensreg.eu/country-profile/France> (Consulta: Agosto 4, 2024)

bajos (Chernóbil utilizaba esta tecnología) estos fueron decomisados en 1984 para dar paso a la construcción de reactores más modernos.⁶⁸

A partir de la crisis del petróleo de 1973, el entonces Primer Ministro de Francia, Pierre Messmer, implemento una política pública que postulaba la no-dependencia de petróleo extranjero y una soberanía energética, por medio de la construcción de más y mejores plantas nucleares. Lo anterior fue logrado, transfiriendo activos militares y personal científico que habían trabajado en programas de defensa nuclear durante y después de la Segunda Guerra Mundial, al sector civil.⁶⁹

La implementación del programa llevo a que, entre 1973 y 1999, se construyeran los 56 reactores nucleares que el país utiliza hoy en día. Todos los reactores en uso son tipo PWR, esto se debe al decomiso de los reactores en base a grafito y el favorecimiento en tecnologías más sostenibles y modernas.⁷⁰

Si bien la participación de privados en la operación de reactores nucleares está permitida en Francia, al momento, la empresa de estado Électricité de France SA (EDF), es quien opera todas las plantas nucleares y otras más en la Unión Europea y Estados Unidos, de hecho, hasta 2021 EDF era dueña del 49.99% de Constellation Energy, una de las operadoras más grandes de energía nuclear en Estados Unidos.⁷¹

La empresa solía ser entre 2005-2023 una empresa pública que cotizaba el 15% de sus acciones ante la Euronext bajo el ticker EDF, sin embargo en 2022, la Primer Ministra Élisabeth Borne anuncio que se renacionalizaría la empresa⁷², lo anterior en línea con el plan del Presidente Macron de un “renacimiento nuclear” cuando anuncio en su política energética hacia 2050, la construcción de 6 reactores nucleares de última generación y extender la vida útil de los actuales, esto, para alcanzar su cometido de 0 carbono para

⁶⁸Bartak, Jan; Camarcat, Noel. **Nuclear Power in France and its Contributions to Reaching EU's Climate Objectives**. Disponible en línea: NucAdvisor <https://www.nucadvisor.com/post/nuclear-power-in-france-and-its-contribution-to-reaching-eu-s-climate-objectives> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁶⁹ Loc. Cit.

⁷⁰ Loc. Cit.

⁷¹ EDF. **EDF completes sale of its interest in CENG**. Disponible en Línea: Autor <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/edf-completes-sale-of-its-interest-in-ceng> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁷² Appleyard, David. “*France to renationalise EDF*” Julio 11, 2022. Disponible en Línea: Nuclear Engineering International Magazine <https://www.neimagazine.com/news/france-to-renationalise-edf-9838179/> (Consulta: Agosto 25, 2024)

2050⁷³. La decisión del Presidente Macron, representa un cambio en la políticas públicas del país, en donde buscaban reducir la generación de energía nuclear al 50% para 2025.

El llamado “renacimiento nuclear” es el proyecto más importante en Europa, después del accidente en Fukushima. Alemania, que hasta entonces generaba el 25% de su electricidad por medio de energía nuclear, decidió decomisar todos sus reactores nucleares y generar por otras vías, esto por presión pública, basada no solo en lo sucedido en Fukushima, sino también en críticas a la tecnología nuclear que van desde los sesenta, entre esas críticas se encuentra la inestabilidad de precios en cuanto a la energía nuclear y la desigualdad económica que esto genera⁷⁴. Sin embargo, lo anterior, también significo que el gobierno tuvo que invertir más en energías fósiles para poder alcanzar la demanda de electricidad⁷⁵.

Si bien, la generación de energía limpia en Alemania es principalmente de fuentes limpias, como solar y eólica, sigue invirtiendo en fuentes no renovables⁷⁶ y sus emisiones de CO₂ fueron, en 2018, 10 veces mayores que en Francia⁷⁷, así como sus precios son más caros que en Francia, ejemplo de esto, son los precios comparados entre las dos naciones, mientras en Alemania el precio en 2024 de un KWh (con impuestos y gastos de conexión) es de 0.3929 euros, en Francia es de 0.3049 euros por KWh⁷⁸.

De igual manera gracias a la predominancia de la energía nuclear, la polución de aire en Francia ha disminuido substancialmente en comparación a otros países europeos⁷⁹,

⁷³ APTN. “Macron calls for nuclear renaissance to end the France’s reliance on fossil fuels” Lyon, Francia: Febrero 11, 2022. Disponible en línea: [euronews.com](https://www.euronews.com/green/2022/02/11/macron-calls-for-nuclear-renaissance-to-end-the-france-s-reliance-on-fossil-fuels), Green News <https://www.euronews.com/green/2022/02/11/macron-calls-for-nuclear-renaissance-to-end-the-france-s-reliance-on-fossil-fuels> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁷⁴ Moraal, Mareike y Shan, Lalitha. **Understanding the German Nuclear Exit**. Disponible en línea: Heinrich Böll Stiftung, Washington, DC <https://us.boell.org/en/2023/04/21/understanding-german-nuclear-exit> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁷⁵ Ballard, Barclay. **Is Germany right to power down its nuclear reactors?** Disponible en línea: European CEO <https://www.europeanceo.com/home/featured/is-germany-right-to-power-down-its-nuclear-reactors/> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁷⁶ Gavin, Gabriel. **After scrapping nuclear reactors, Germany to spend billions on new gas power plants** Disponible en línea: Politico <https://www.politico.eu/article/nuclear-reactors-germany-invest-gas-power-plants-energy/> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁷⁷ Ballard, Barclay, Ob. Cit.

⁷⁸ E-control, MEKH, VaasaETT. **Household Energy Price Index for Europe 2024** Disponible en línea: Autor <https://www.energypriceindex.com/price-data> (Consulta: Agosto 25, 2024)

⁷⁹ European Environment Agency. **Air pollution - State and impacts (France)**. Disponible en Línea: Autor <https://www.eea.europa.eu/soer/2010/countries/fr/air-pollution-state-and-impacts-france> (Consulta: Agosto 25, 2024)

en donde la generación de electricidad equivale a 56 gramos de CO₂ por KWh producido, mientras en Alemania es de 381 gCO₂ por KWh.⁸⁰ Lo que muestra, otro punto a favor del modelo francés.

En conclusión, la política energética basada en la energía nuclear de los franceses ofrece beneficios significativos que destacan su eficacia. La capacidad de Francia para generar el 64.8% de su electricidad mediante plantas nucleares no solo le permite mantener una independencia energética (que otros países no tienen) y una estabilidad en los precios, sino que también contribuye a una reducción notable en las emisiones de CO₂. A diferencia de Alemania, en donde la electricidad, para el consumidor final tiene precios más altos y una semi-dependencia de energías fósiles, el enfoque de Francia ha resultado en un nivel menor de polución y en un costo de electricidad más accesible para sus ciudadanos.

La apuesta de Macron, hacia un “renacimiento nuclear”, con la construcción de reactores de última generación y el mejoramiento de los existentes, denota el compromiso de Francia a una transición energética limpia y sostenible, estos factores en conjunto impulsan la energía nuclear como una solución viable para enfrentar los desafíos energéticos y ambientales del futuro.

⁸⁰ Ember and Energy Institute. **Carbon intensity of electricity generation**. Disponible en línea: Our World in Data <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity> (Consulta: Agosto 25, 2024) [Ver anexo 5](#)

III. PROBLEMÁTICA

Actualmente, la generación de energía nuclear en México representa una fracción mínima del total de la electricidad producida y una oportunidad desaprovechada, que nos ayudaría a mejorar el sector energético del país. Dentro de esta sección, me enfocaré en examinar la problemática actual, en cuanto al tema energético, tanto en el desabasto, como las implicaciones ambientales que representa y la posible solución que nos ofrece la energía nuclear.

Iniciaré abordando una situación que afecta aproximadamente al 36.7% de los hogares mexicanos⁸¹, la pobreza energética, la cual es un problema que acosta a los más desfavorecidos. Posteriormente, analizaré los beneficios potenciales que la expansión de la energía nuclear podría ofrecer para combatir la pobreza energética, la contaminación y la transición energética, incluyendo su capacidad para proporcionar una fuente de energía estable y con menores emisiones de carbono. Finalmente, expondré los costos económicos, sociales y ambientales de la energía nuclear, centrándome en nuestro país.

1. POBREZA ENERGÉTICA

La pobreza energética se define en dos vertientes: la falta total de acceso a la electricidad sea por la falta de conexión o los costos inasequibles de la electricidad, y la falta de energía suficiente para la subsistencia que lleva a la privación de un bien económico, esto ya sea por desabasto de la red eléctrica, cortes provocados por la infraestructura de la red o causado por fenómenos meteorológicos, o bien por la calidad de los aparatos con los que se cuentan en el hogar.⁸²

En México, se estima que el 0.57% de la población no tiene conexión a la red eléctrica proporcionada por la CFE⁸³, es decir 718,279 de mexicanas y mexicanos no tienen

⁸¹ García-Ochoa, Rigoberto y Graizbord Boris " *Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional* " Mayo- Agosto 2016, p.305. Disponible en línea: **Economía, Sociedad y Territorio**. Vol. XVI, No.51, 2016, 289-337 <https://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/465/1147> (Consulta: Agosto 29, 2024)

⁸² Loc. Cit

⁸³ CFE. **Cfe Distribución Genera Ingresos A La Cfe Por 152 Mil 682 Mdp, Avanza En La Electrificación, Y Concluye Proyectos Y Programas De Inversión 2023**. Disponible en línea: Autor <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=6042> (Consulta: Agosto 29, 2024)

acceso a la electricidad, así mismo se estima, que del porcentaje que, si tiene acceso, el 36.7% no tiene acceso suficiente para la subsistencia o su acceso es intermitente⁸⁴.

Esto implica una calidad de vida deficiente con la necesidad de utilizar mecanismos que no necesitan electricidad como velas, fogatas, cocinar con leña, entre otras y llevan a un problema de incomunicación, en los tiempos de la globalización, la incomunicación representa una desconexión del mundo más allá de nuestras comunidades.

Un tema muy recurrente al hablar de pobreza energética es la falta de acceso a energéticos modernos, es decir lámparas LED, licuadoras, estufas, microondas y refrigeradores, televisiones digitales, calentadores, lavadoras, secadoras, entre otros. Es un dato evidente que los aparatos electrónicos más viejos consumen más electricidad que los modernos, de acuerdo con el Citizens Utility Board de Illinois, un refrigerador de 15-20 años de antigüedad consume alrededor de 1400 kWh anualmente, mientras uno moderno puede llegar a consumir hasta 350 kWh al año.⁸⁵

La falta de mantenimiento a la infraestructura instalada de la CFE es una causa directa de los “apagones” o suministro insuficiente que se vive en el país. De acuerdo con “El Universal”, en 2023, no se ejercieron 5 mil 600 millones de pesos, autorizados en la Cuenta Pública, para mantenimiento de infraestructura por parte de la CFE⁸⁶, aún y cuando en el cuarto trimestre del 2023 se reportaron un promedio de 13.1 interrupciones de luz por cada cien usuarios finales⁸⁷, exacerbadas solamente por las olas de calor⁸⁸, lo que llevo a

⁸⁴ García-Ochoa, Rigoberto y Graizbord Boris. Ob.Cit, p.304

⁸⁵ Citizen Utilities Board. **¿Cuánta energía consume tu nevera?** Disponible en línea: Autor <https://www.citizensutilityboard.org/espanol/2019/12/13/cuanta-energia-consume-tu-nevera/> (Consulta: Agosto 29, 2024)

⁸⁶ Martínez, Everardo. “*Dejo de invertir CFE 5.6 mil mdp en mantenimiento*”. Ciudad de México: Mayo 14, 2024. Disponible en línea: **eluniversal.com** <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/dejo-de-invertir-cfe-56-mil-mdp-en-mantenimiento/> (Consulta: Agosto 29, 2024)

⁸⁷ Vázquez, Carlos; Sánchez, Salvador y Cano, Jorge. **Intermitencia en la inversión y generación de electricidad de la CFE.** Disponible en línea: México Evalúa <https://numerosdeerario.mexicoevalua.org/2024/05/15/intermitencia-en-la-inversion-y-generacion-de-electricidad-de-la-cfe/> (Consulta: Agosto 29, 2024)

⁸⁸ Usla, Hector. “*México se queda sin luz en ola de calor: ¿Qué implica el estado operativo de emergencia?*” Ciudad de México: Mayo 7, 2024. Disponible en línea: **elfinanciero.com** <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2024/05/07/ola-de-calor-provocara-mas-apagones-que-implica-estado-de-emergencia-decretado/> (Consulta: Agosto 29, 2024)

que, en 2023, se reportaron al menos 112 muertes relacionadas, con más de la mitad ocurriendo en Nuevo León⁸⁹

Todo esto, representa la pobreza energética en México, una problemática que se ve influenciada no solo por la situación socioeconómica de las personas, sino también por la falta de atención de parte del gobierno hacia los programas de infraestructura en el país y el poco compromiso con el medio ambiente, demostrado con la actual dependencia del 75.26% en la generación de energía por medio de combustión de fósiles.

2. DERECHO HUMANO A LA ENERGÍA

En tiempos actuales, la preponderancia de los derechos humanos es un pilar fundamental en la existencia de una sociedad globalizada, en un mundo en donde la sociedad se encuentra en constante conexión por medio de la tecnología, el respeto y la promoción de los derechos humanos son un imperativo práctico para garantizar la dignidad, la justicia y la igualdad. La creciente interconexión entre naciones y culturas, junto con la transmisión de información a través de medios digitales, ha llevado a que esencialmente todo lo tengamos al alcance de nuestras manos, sin embargo, nada de esto podría ser posible sin la energía.

Es por esto por lo que resulta sorprendente que se siga pensando en la electricidad como un negocio y no como lo que es, una necesidad para la subsistencia humana en un mundo globalizado, hoy en día, pocas cosas podrían ser posibles sin ella. Más sorprendente aún, que, en nuestro país, el acceso a la energía no este reconocido como un derecho fundamental, cuando si lo debiese ser.

Por medio de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en particular el ODS 7, los Estados Miembros, se comprometen a garantizar el acceso a una energía, asequible, segura, sostenible y moderna. Aquí es donde se relacionan (junto con las NDC) todas las acciones que México, como país, ha establecido para la reducción de su huella de carbono, como lo es el alcanzar el

⁸⁹ Rodríguez Mega, Emiliano y Romero Simón. “*Mexico is Reeling from Soaring Temperatures, Too*” Ciudad de México: Junio 29, 2023. Disponible en línea: **nytimes.com** <https://www.nytimes.com/2023/06/29/world/americas/mexico-heat-wave.html> (Consulta: Agosto 29, 2024)

35% de generación por medio de energías limpias para el 2024. Sin embargo, este acceso a la energía no está siquiera establecido en nuestra Carta Magna.

El Artículo 4º Constitucional, donde se establecen derechos fundamentales, tales como: la igualdad de género, derecho a la familia, al agua, vivienda, medio ambiente sano, cultura, entre otros, omite uno muy importante: el acceso a la energía eléctrica y la obligación del Estado de garantizarla. Sin la positivación de un derecho en la ley, su medio de defensa ante una violación resulta difícil y casi imposible.

Este no es un problema que ha pasado desapercibido; en la Observancia General Número 4 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la ONU se estableció que todos los beneficiarios del derecho a una vivienda adecuada deberían tener, entre otras cosas, acceso a energía para la cocina, calefacción y alumbrado⁹⁰. En la misma sintonía, la Corte Interamericana de Derechos Humanos, resolvió en el “Caso Masacres de Río Negro vs. Guatemala” que el acceso a la energía eléctrica es fundamental para la garantía de otros derechos humanos y mencionó que los Estados deben adoptar medidas para garantizar que el acceso asequible e ininterrumpido a la energía eléctrica.⁹¹

En México, el Tercer Tribunal Colegiado en Materia Civil del Primer Circuito, al enfrentarse a un caso similar emitió la tesis aislada I.3o.C.100 K (10a.), en donde se estableció la dependencia de los derechos humanos con el acceso a la energía eléctrica:

*“El ejercicio de estos derechos depende cada vez y en mayor medida del suministro de energía eléctrica. En efecto, en el estado actual del desarrollo científico y tecnológico, los satisfactores materiales e inmateriales (tangibles e intangibles), se encuentran estrechamente ligados a la energía eléctrica, la cual es usada en prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana para generar energía lumínica, mecánica y térmica, así como para el procesamiento de la información y la realización de las telecomunicaciones. Por esta razón, el acceso a la energía eléctrica debe reconocerse como un derecho humano por ser un presupuesto indispensable, al constituir una condición necesaria para el goce de múltiples derechos fundamentales.”*⁹²

⁹⁰ **Observación General N°4. El derecho a una vivienda adecuada (párrafo 1 del artículo 11 del Pacto).** Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Ginebra, Diciembre 13, 1991. Disponible en línea: Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2005/3594.pdf> (Consulta: Agosto 30, 2024)

⁹¹ Corte IDH **Caso Masacres de Río Negro Vs. Guatemala**. “Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 25 de mayo de 2017” Serie C No. 310. Disponible en línea: < https://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_250_esp.pdf > (Consulta: Agosto 30, 2024)

⁹² **ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA. DEBE RECONOCERSE COMO DERECHO HUMANO POR SER UN PRESUPUESTO INDISPENSABLE PARA EL GOCE DE MÚLTIPLES DERECHOS FUNDAMENTALES.** Tesis Aislada. Amparo en Revisión. Tribunal Colegiado de Circuito. Clave I.3o.C.100

Por otro lado, en la Tesis Jurisprudencial 2a./J. 30/2018 (10a.), la Segunda Sala de la Suprema Corte, determino que la CFE no es Autoridad para efectos del juicio de amparo contra actos previstos en el contrato de suministro de energía, es decir cortes imprevistos de luz o incumplimientos en el abastecimiento y las controversias al respecto deberán de dirimirse en la vía mercantil, por la consideración de la Comisión como empresa productiva⁹³ del Estado, al menos que vulneren Derechos Humanos o cuando aplique normas que se estimen inconstitucionales.

Sobre lo anterior, el Maestro Francisco Ballesteros Gallegos en un comentario jurisprudencial publicado en la Revista del Instituto de la Judicatura Federal menciona:

*“aunque la energía eléctrica no es un derecho fundamental, es decir un derecho positivizado expresamente en nuestra Constitución, si es un derecho humano contenido en los tratados internacionales y que además guarda un estrecho vínculo con el goce y ejercicio de otros derechos humanos; la suspensión total o corte del suministro de energía eléctrica debe ser considerado como violatorio de derechos humanos”*⁹⁴

A pesar de la importancia de reconocer como Derecho Humano, el acceso a la energía eléctrica, la resolución del Tribunal Colegiado y el comentario acertado del Maestro Ballesteros, estos no gozan de la obligatoriedad de la jurisprudencia y mucho menos de la Ley. Es por eso, que considero que este Derecho tiene que positivarse en nuestra Carta Magna como un Derecho Fundamental, obligando al Estado, por medio de la CFE, garantizar su acceso. Lo que propongo no es algo nuevo, en 2019 la Senadora Mayuli Martínez presentó una iniciativa para reformar la Constitución y adicionar a los artículos 4, 25 y 73 lo siguiente⁹⁵:

K (10a.) (SJF: 10ª época, T II, Dic., 2018, p. 959). Disponible en línea: SCJN <https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/2018528> Registro 2018528. (Consulta: Agosto 30, 2024)

⁹³ En fecha 17 de octubre del 2024, se aprobó una reforma constitucional que convierte nuevamente a CFE y PEMEX en empresas públicas del Estado; los detalles del cambio aun no son previstos y la reforma sigue sin reconocer como DH a la energía, sin embargo, si obliga más a CFE a garantizar la continuidad y accesibilidad del servicio. Así mismo, ahora si serán sujetos del juicio de amparo. Para efectos de esta tesis, se seguirá considerando empresa productiva del Estado.

⁹⁴ Gallegos Ballesteros, Francisco. **“Contradicción de Tesis 198/2017: Comisión Federal de Electricidad como Autoridad Responsable en el Juicio de Amparo”**. Julio-Diciembre, 2019. Disponible en línea: **Revista del Instituto de la Judicatura Federal**. No. 48, 2019. <https://escuelajudicial.cjf.gob.mx/Sitio2016/include/sections/revista/48/13%20FRANCISCO%20BALLESTEROS.pdf> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

⁹⁵ Martínez Simón, Mayuli Latifa. **Iniciativa Con Proyecto De Decreto Por El Que Se Reforman Y Adicionan Los Artículos 4, 25 Y 73 De La Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos, En Materia Del Derecho A La Energía Eléctrica , Que Presenta La Senadora Mayuli Latifa Martínez Simón, Del Grupo Parlamentario Del Partido Acción Nacional**. Disponible en línea: Gaceta del Senado https://www.senado.gob.mx/65/gaceta_del_senado/documento/88938#:~:text=%E2%80%A6-

“Adición a Art. 4

“Toda persona tiene derecho a la energía eléctrica, en forma suficiente, continua, segura, aceptable y asequible.”

Adición a Art. 25

“El Estado garantizará el derecho a la energía eléctrica en forma suficiente, continua, segura, aceptable y asequible, y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de las energías limpias y recursos energéticos, estableciendo la participación de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.”

Adición a Art. 73

El Congreso tiene facultad:

“X Bis. Para expedir las leyes generales sobre energía eléctrica y nuclear, a través de la cuales el estado definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de las energías limpias y recursos energéticos, estableciendo la participación de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.””

En su exposición de motivos hace alusión a la Tesis Aislada del Tercer Tribunal Colegiado en Materia Civil del Primer Circuito y a la noción que el acceso a la energía eléctrica es fundamental para el goce de diversos derechos humanos, así mismo menciona que *“es impostergable que el Estado Mexicano deje de ver a la energía eléctrica como una mercancía o un simple servicio público y pase a su reconocimiento expreso como un derecho humano de igual importancia que los demás derechos reconocidos en la Constitución”*⁹⁶

De la misma manera y en concordancia con lo expresado por la Senadora Martínez y el Maestro Ballesteros, el defensor de derechos humanos, David Peña Rodríguez, en el Foro 22 de la Reforma Eléctrica, expuso la importancia de reconocer el acceso a la energía eléctrica como un derecho fundamental y establecer un mecanismo de defensa que permita garantizar el acceso, y que una reforma en este sentido, buscaría que se cambie la lógica empresarial de considerar la electricidad como una mercancía⁹⁷.

[,Toda%20persona%20tiene%20derecho%20a%20la%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%2C%20en%20forma.%2C%20segura%2C%20aceptable%20y%20asequible.&text=Art%C3%ADculo%2025](#)(Consulta: Septiembre 1, 2024)

⁹⁶ Loc. Cit.

⁹⁷ Peña Rodríguez, David. **Intervención en Parlamento Abierto de la Reforma Energética. Foro 22. “Electricidad como Derecho Humano de Rango Constitucional”**, febrero 21, 2022. Disponible en línea:

Reitero mi posición de considerar el acceso a la energía eléctrica como un Derecho Fundamental, adicionando los beneficios que puede tener el aprovechamiento de la energía nuclear en el país, como medio de generación eléctrica que ayudaría a reducir nuestras emisiones de carbono, mientras manteniendo los estándares de potencia de las energías fósiles, permitiendo el acceso seguro y constante a la electricidad.

3. COSTO/BENEFICIO DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Uno de los mayores detractores respecto a la energía nuclear son los costos, principalmente aquellos asociados a la etapa anterior a que entre en operación el reactor, como lo son los costos de construcción, permisos y diseño, pero una vez terminada la construcción y lista para su operación, los precios de mantenerla son moderadamente menores que otras energías. De acuerdo con la asociación World Nuclear, los precios de construcción varían de país en país, mientras en Corea del Sur el precio aproximado sería de \$2,157dls por Kilowatt instalado, en Eslovaquia el precio sería de \$6,920dls y en Estados Unidos \$6,041⁹⁸.

En México, el Coordinador Corporativo de Laguna Verde, Héctor López Villareal, estima que los precios por kilowatt instalado de un reactor de nueva tecnología varían entre \$5,000-5,500⁹⁹, lo que significa que un reactor con una capacidad instalada de 1.000 MWe (actualmente los de Laguna Verde son de 850MWe) costaría aproximadamente **5 mil millones de dólares**. En comparación, la compra de las 13 centrales de ciclo combinado de Iberdrola costo 6 mil 200 millones de dólares y cuentan con una capacidad instalada total de 8.539MW¹⁰⁰.

Comisiones Unidas de Puntos Constitucionales y de Energía
<https://www.diputados.gob.mx/parlamentoreformaelectrica/pdf/esteno/Foro-22.pdf> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

⁹⁸ World Nuclear Association. “**Economics of Nuclear Powers**” Disponible en línea: Autor <https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power#CapitalCosts> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

⁹⁹ López Villareal, Héctor. **Conferencia de Prensa, 10 de Diciembre de 2019**. Disponible en línea: Coordinación de Comunicación Corporativa <https://www.cfe.mx/cdn/2019/Archivos/Boletines/Conferencia%2010%20dic%202019.pdf> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

¹⁰⁰ Iberdrola. **Cerramos la venta del negocio de los ciclos combinados en México por 6.200 millones de dólares**. Disponible en línea: Sala de Comunicación <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-cierra-venta-negocio-ciclos-combinados-en-mexico-por-6200-millones-de-dolares> (Consulta: septiembre 1, 2024)

El principal beneficio monetario de las centrales nucleoelectricas surge en los costos de operación, el Ing. López Villareal, menciona que el precio del gas natural licuado (GNL) oscila entre 8 y 10 dls por giga joule, lo que encarece los precios de generación, mientras que en las nucleoelectricas “*el costo es tan bajo que no excede de un dólar por giga joule*”¹⁰¹, así mismo, en referencia a la diferencia de costos, el Ingeniero menciona lo siguiente:

“El costo de inversión es alto, pero el costo de operación es bajo; mientras que, en las centrales convencionales, los nuevo ciclos combinados, pues definitivamente el costo de inversión inicial es bajo y el costo del combustible de operación es alto”

Los datos se contrastan aún más cuando se considera que los costos reales de generación (sin simulación, costos totales unitarios por kilowatt/hora), proveídos por la CFE, mientras el costo en una planta de ciclo combinado es de 1.05 pesos y en una hidroeléctrica es de 0.95, en la nucleoelectrica es de 0.80 pesos¹⁰². Así mismo, en 2023 se ejercieron 39,775. MDP en la compra de gas para la generación de electricidad, mientras para el combustible nuclear, el monto ejercido fue de 740 MDP¹⁰³

La diferencia entre los costos tiene mucho que ver con el volumen, es decir la capacidad de generación energética de la materia prima. Como ya he mencionado, los reactores ocupan detener su operación para recargar combustible (uranio) cada 18 meses, la última recarga de Laguna Verde fue en 2023 y duro los 55 días que estaban programados, pero una vez recargados, la central se encuentra en constante operación las 24 horas del día, esto gracias a la capacidad energética del uranio.

Datos del Foro Nuclear establecen que, una central nuclear PWR de 1.000 MWe puede llegar a producir 8 mil 500 millones de KWh anualmente, esto con un uso de 20 toneladas de UO₂, es decir un kg de este componente tiene la capacidad de generar 425.000

¹⁰¹ López Villareal. Ob.Cit

¹⁰² Álvarez Mario. **CFE dice ser más barata que IP; CRE tiene otros datos.** Disponible en línea: Energía a Debate <https://energiaadebate.com/cfe-dice-ser-mas-barata-que-ip-cre-tiene-otros-datos/#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20el%20costo%20promedio%20de,se%20ubica%20en%202.77%20pesos.> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

¹⁰³ CFE, Informe Anual 2023. Ob.Cit

KWh. En comparación con otras materias primas, 5 gramos de uranio pueden generar lo que 1,000 kg de carbón o incluso lo que 480 m³ de gas generan¹⁰⁴.

Así mismo, respecto al costo, de acuerdo con el Ingeniero Carlos Villanueva Moreno¹⁰⁵, miembro de la Sociedad Nuclear Mexicana y reconocido consultor de la industria eléctrica, el instalar una unidad adicional en Laguna Verde costaría aproximadamente 7,500 MDP, toda vez que la Central tiene espacio para dos unidades más, cada una con capacidad de 1,350 MW. En comparación, la refinería “Olmeca” en Dos Bocas, Tabasco, presentaría un gasto de 18,000 MDP y representaría una fuente de contaminación importante.

Por su parte, la Dra. Cecilia Martín del Campo Márquez, ingeniera nuclear y directora de la Unidad de Planeación Energética de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en un sentido similar al del Ingeniero Villanueva, estima que cada reactor adicional podría producir hasta 8,923 GWH por año¹⁰⁶, en comparación la Central Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos, ubicada en Tula, Hidalgo, generó 8,257 GWH en 2018, pero emitiendo una cantidad enorme de contaminantes, de lo cual más adelante se hablara.¹⁰⁷

Un tema importante que no se menciona mucho, es el espacio, la generación de energía nuclear requiere de menos espacio físico cuando se compara con otras energías limpias, mientras que una planta nuclear ocupa un promedio de 258 hectáreas para operar a una capacidad de 1.000 MWh, una planta eólica ocuparía 43,770 ha y una solar 5, 438 ha.¹⁰⁸

¹⁰⁴Foro Nuclear. **¿Cuánta energía en kWh se extrae de un kilo de uranio y que rendimiento tiene cada kilo?** Disponible en línea: Autor <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-combustible-nuclear/cuanta-energia-en-kwh-se-extrae-de-un-kilo-de-uranio-y-que-rendimiento-tiene-cada-kilo/> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

¹⁰⁵Becerra, Jessika. “Laguna Verde requiere inversión de 15,000 mdd; un nivel bajo respecto a Dos Bocas”. Ciudad de México: junio 30, 2022. Disponible en línea: **elceo.com**, Negocios <https://elceo.com/negocios/ampliar-laguna-verde-costaria-15000-millones-de-dolares-un-nivel-bajo-respecto-a-dos-bocas/> (Consulta: septiembre 15, 2024)

¹⁰⁶ Loc. Cit

¹⁰⁷ SEMARNAT, INECC, Gobierno del Estado de Hidalgo, Comisión Ambiental de la Megápolis. **Calidad del Aire de la Cuenca Atmosférica de Tula. Agosto de 2020.** Disponible en línea: gob.mx https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/571616/Calidad_del_Aire_Cuenca_Atm_de_Tula-FINAL.pdf (Consulta: octubre 14, 2024)

¹⁰⁸ Stevens, Landon. **The Footprint of Energy: Land Use of U.S Electricity Production.** Disponible en línea: Strata Policy <https://docs.wind-watch.org/US-footprints-Strata-2017.pdf> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

Considero que, el mayor punto a favor de la energía nuclear es el ambiental, a diferencia las energías fósiles que emiten grandes cantidades de dióxido de carbono y otros contaminantes durante su generación, lo cual se comprueba con la comparación entre Francia, que basa su modelo energético en generación nuclear, y Alemania, que no genera energía nuclear¹⁰⁹.

Aunando a lo anterior, existen estudios¹¹⁰ en los cuales se muestra que la generación de energía nuclear no produce ninguna emisión directa de CO₂, ninguna emisión de metano y una media de 12 gramos de CO₂ por kWh generado, lo cual es comparable a lo producido por las energía eólica, pero como ya lo mencioné, en un espacio mas reducido. El estudio anterior también muestra que, en comparación, la energía generada por plantas de gas natural en ciclo combinado (como las que compro México) emiten una media de 490 g CO₂ / kWh.

Respecto a los efectos de la emisión de contaminantes por generación de energía mediante quema de combustibles fósiles, de acuerdo con UNICEF, basado en un estudio realizado en conjunto con el Instituto de Efectos en la Salud (HEI, por sus siglas en inglés), en 2021 8.1 millones de muertes se atribuyeron a enfermedades causadas por la contaminación, donde los principales afectados son los adultos mayores y los niños y niñas¹¹¹. El mismo estudio revela que la contaminación producida por PM_{2.5} (materia particulada de 2.5 micrómetros) es causa directa de 7.8 millones de muertes, 4.7 millones de ellas provenientes de las micropartículas encontradas en el ambiente, definidas por el estudio como “*ambient PM_{2.5}*”, mientras que 3.1 millones fueron atribuidas a contaminación del aire doméstico (household PM_{2.5})¹¹²

¹⁰⁹ Ember and Energy Institute. Ob. Cit. [Ver Anexo 5](#).

¹¹⁰ Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser. “Anexo III: Technology-specific cost and performance parameters. En: **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Reino Unido y Estados Unidos, Cambridge University Press, 2014, (pp.1329-1354), p.7. Disponible en línea: IPPC https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf [Ver Anexo 6](#) (Consulta: Septiembre 1, 2024)

¹¹¹ Health Effects Institute. **State of Global Air/2024. Special Report**. Disponible en línea: Autor, pp. 14 https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/documents/2024-06/soga-2024-report_0.pdf (Consulta Septiembre 1, 2024) [Ver Anexo 7](#)

¹¹² Ídem, pp. 15

Estas micropartículas, causan enfermedades relacionadas al corazón, cáncer de pulmón, diabetes, neumonía, asma, y EPOC¹¹³. Además de la generación de energía, el uso de vehículos de combustible fósil y las actividades de construcción e industriales; el uso de combustible no eficiente en los hogares (carbón vegetal y mineral, madera y gas LP) es uno de los principales emisores de PM_{2.5} (household PM_{2.5})¹¹⁴, esto ultimo se encuentra directamente relacionado con una de las problemáticas de esta tesis, la pobreza energética.

Focalizado en México, Pemex y CFE son de los principales emisores de estas partículas¹¹⁵, esto se ve más claro en el estado de Hidalgo, principalmente en la localidad de Tula, en donde se concentran la refinería “Miguel Hidalgo” (operada por PEMEX) y la central termoeléctrica “Francisco Pérez Ríos” de Tula (operada por CFE). De acuerdo a un estudio de “México Evalúa” la refinería emite el 45% de las partículas PM_{2.5} del estado¹¹⁶; mientras que la termoeléctrica emitió 3,860 toneladas de PM_{2.5} en el 2018, en contravención con la NOM-025-SSA1-2014, así como 113,943 de dióxido de azufre o SO₂ (principal causante de lluvia acida), 3.5 veces el límite establecido en la NOM-085-SEMARNAT-2011 y además en el mismo año, quemo combustible a un porcentaje de entre 3.6 y 3.9% de SO₂ cuando el límite máximo establecido por la NOM-016-CRE-2016, es del 2%.¹¹⁷.

La Central Termoeléctrica de Tula es un claro ejemplo de lo dañino que puede ser la generación de energía por medio de quema de combustibles fósiles, es impactante las consecuencias que puede tener esta actividad. De acuerdo con Reuters¹¹⁸ la termoeléctrica es la mayor emisora de PM_{2.5} de Norte América, mientras que la quema de combustible con alto porcentaje de azufre puede llegar a provocar las mismas consecuencias que la emisión de PM_{2.5}, como lo es la muerte, enfermedades respiratorias crónicas y hasta cáncer,

¹¹³ Loc. Cit

¹¹⁴ Ídem, pp. 11

¹¹⁵ Alire García, David. “Importante central eléctrica en México violó ley ambiental por años” Ciudad de México: agosto 5, 2020. Disponible en línea: **reuters.com**

[https://www.reuters.com/article/business/importante-central-elctrica-en-mxico-viol-ley-ambiental-por-aos-idUSKCN2511WP/#:~:text=5\),.los%20documentos%20de%20la%20CFE](https://www.reuters.com/article/business/importante-central-elctrica-en-mxico-viol-ley-ambiental-por-aos-idUSKCN2511WP/#:~:text=5),.los%20documentos%20de%20la%20CFE). (Consulta: septiembre 1, 2024)

¹¹⁶ México Evalúa. **La responsabilidad corporativa de PEMEX a prueba: El caso de los impactos sociales y ambientales de la refinería Miguel Hidalgo**. Disponible en línea: Autor, pp. 11

<https://mexicoevalua.org/wp-content/uploads/2023/04/estudio-caso-pemex-tula-11-junio-final.pdf> (Consulta: septiembre 1, 2024)

¹¹⁷ SEMARNAT, INECC, Gobierno del Estado de Hidalgo, Comisión Ambiental de la Megápolis. Ob.Cit.

[Ver Anexo 8](#)

¹¹⁸ Alire Garcia, David. Ob.Cit

combinadas las emisiones de estos dos contaminantes es inmenso el daño que provoca la quema de combustibles fósiles.

Reafirmo que, todo lo anterior puede ser evitado con la energía nuclear, toda vez que las plantas nucleares no generan contaminantes ni gases invernadero, como los que emite la termoeléctrica, durante su operación¹¹⁹. Un tema recurrente de los detractores de la energía nuclear son sus desechos, sin embargo, eso se encuentra asociado más con la operación ineficiente de las plantas nucleares, de acuerdo con la EIA, la mayoría de los desechos, por volumen, tienen un nivel bajo de radioactividad. Como había mencionado en capítulos anteriores, las plantas nucleares, tienen un manejo altamente regulado de los desechos que producen y cuentan con una infraestructura diseñada especialmente para la industria, que permite almacenar seguramente los desechos en todas sus etapas.¹²⁰

En conclusión, aunque la construcción de una planta nuclear implica altos costos, principalmente económicos, los beneficios son aún mayores; Aldo Malavasi, subdirector de la OIEA, menciona que el uso de energía nuclear reduce las emisiones de dióxido de carbono hasta por dos gigatoneladas al año, o el equivalente a 400 millones de autos menos.¹²¹ Lo cual demuestra el claro beneficio ambiental que puede encontrarse en este tipo de energía, en comparación con otras, que contaminan el ambiente y causan muertes y enfermedades. Combinado, la capacidad de generación mayor por menos materia prima y el impacto ambiental reducido, la energía nuclear se presenta como la mejor fuente de producción de energía limpia.

¹¹⁹ EIA. **Nuclear explained. Nuclear Power and the environment.** Disponible en línea: Autor <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-and-the-environment.php#:~:text=Nuclear%20power%20reactors%20do%20not,require%20large%20amounts%20of%20energy>. (Consulta: septiembre 1, 2024)

¹²⁰ Loc. Cit

¹²¹ Malavasi, Aldo. **Nuclear Technology for Climate: Mitigation, Monitoring and Adaptation.** Disponible en línea: IAEA <https://www.iaea.org/newscenter/statements/nuclear-technology-for-climate-mitigation-monitoring-and-adaptation> (Consulta: Septiembre 1, 2024)

IV. FUTURO DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN MÉXICO

Este último capítulo contendrá mi perspectiva a futuro de cómo será la industria nuclear en los próximos 10 años, basándome en la investigación que realice a lo largo de este trabajo. Para tal, usare notas periodísticas y artículos de expertos, que puedan otorgar un enfoque factico a mi perspectiva.

Así mismo, como se puede discernir, la mayoría de la legislación nacional concerniente a la energía nuclear esta desactualizada y no da margen para crecimiento en la industria; por lo cual, en este capítulo también propondré una reforma que encamine a México a crecer su industria nuclear. La reforma propuesta, buscara en principio positivizar el derecho humano al acceso a la energía, ya que creo firmemente, que este sería un primer paso para que la generación de energía nuclear en México pueda incrementar.

1. VISIÓN A 10 AÑOS.

Con los cambios políticos ocurridos este año en el país, la generación de energía nuclear podría incrementar, sin embargo, este futuro es incierto. Durante una conferencia matutina en Julio 2024, el presidente saliente comento, que la posibilidad de un tercer reactor en Laguna Verde “*se tiene que analizar*”¹²² y básicamente dijo que correspondería a la presidenta electa, el decidir, en su plan de energía, sobre el posible incremento de energía nuclear.

A pesar de lo anterior, la presidenta electa ya declaro que, por el momento, su administración no contempla proyectos de energía nuclear en su plan energético¹²³. Así mismo, en sus “100 pasos para la transformación”¹²⁴ se compromete a impulsa la transición energética y obtener la soberanía con energía sustentable, se prevén proyectos de energías renovables que ayudaran a bajar el costo de la luz y el gas, en ninguna parte de las 381 hojas del documento se menciona la energía nuclear ni a la Central Laguna Verde.

¹²² López Obrador, Andrés Manuel. **Conferencia Matutina 8 de julio de 2024.** Disponible en línea: Oficina de la Presidencia <https://www.gob.mx/presidencia/es/articulos/version-estenografica-conferencia-de-prensa-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-del-8-de-julio-de-2024> (Consulta: septiembre 15, 2024)

¹²³ Ayala Espinosa, Camila. “*Claudia Sheinbaum descarta energía nuclear y toma distancia del ‘Plan Sonora de Durazo’*”. Ciudad de México: Agosto 5, 2024. Disponible en línea: [elceo.com](https://elceo.com/negocios/claudia-sheinbaum-descarta-energia-nuclear-y-toma-distancia-del-plan-sonora-de-durazo/), Negocios <https://elceo.com/negocios/claudia-sheinbaum-descarta-energia-nuclear-y-toma-distancia-del-plan-sonora-de-durazo/> (Consulta: septiembre 15, 2024)

¹²⁴ Sheinbaum Pardo, Claudia. **100 pasos para la Transformación.** Disponible en línea: Autor <https://claudiasheinbaumpardo.mx/wp-content/uploads/2024/03/CSP100.pdf> (Consulta: septiembre 15, 2024)

Durante las administraciones recientes, siempre ha existido mucha especulación respecto a la ampliación de Laguna Verde para que ahora incluyese un tercer reactor. Por su parte, la gobernadora electa de Veracruz, antes titular de la SENER, se pronunció al respecto de la siguiente manera:

“Laguna Verde es una planta formidable representa energía limpia, constante, barata, es muy segura. Como ex titular del ramo, se quedó ahí un proyecto del tercer reactor, son proyectos muy grandes a largo plazo, el presidente Andrés Manuel desde un principio dijo no por el tiempo y dinero, pero espero que Claudia que además sabe mucho del tema en forma técnica lo pueda analizar, no ha hecho ningún señalamiento al respecto, pero yo soy pro-energía nuclear.”¹²⁵

Simplemente de lo anterior podemos esgrimir que, la administración entrante no tiene un plan concreto respecto a la energía nuclear, lo que imposibilitara el crecimiento de la industria nuclear y hasta cierta medida, la eléctrica en general.

Algo de destacar, es el nombramiento de dos mujeres al frente de la industria nacional eléctrica. Primero, la próxima titular de la SENER, Luz Elena González Escobar, sería la 3 mujer en ocupar el cargo y la primera secretaria de energía de la 4ta Transformación, que no tiene antecedentes en el petróleo, ejemplo de lo anterior es que, Miguel Ángel Maciel (actual) es ingeniero petrolero y trabajo 32 años en PEMEX, y Rocío Nahle (anterior) es ingeniera en petroquímica y también trabajo en PEMEX. Lo anterior puede ser indicio del compromiso de la presidenta entrante de dejar de privilegiar tanto a las energías fósiles.

Segundo, el nombramiento de Emilia Esther Calleja Alor como Directora General de CFE, una ingeniera con una trayectoria de 21 años dentro de la institución representa el compromiso de la administración entrante de mejorar las áreas de oportunidad de CFE. Respecto a su nombramiento y a las energías limpias, el presidente de la Asociación Mexicana de Hidrogeno, Israel Hurtado, se pronunció de la siguiente manera:

“Por su formación académica puede ser una persona más proclive a incorporar energía limpia. Además, es una cuestión obligada: México genera un 80% de su electricidad a través de

¹²⁵ Lamont, Federico. “Viable Un Tercer Reactor En Laguna Verde: Rocío Nahle” Ciudad de Mexico: Junio 17, 2024. Disponible en línea. **Latitudmegapolis.com** <https://latitudmegapolis.com/2024/06/17/viable-un-tercer-reactor-en-laguna-verde-rocio-nahle/> (Consulta: septiembre 20, 2024)

combustibles fósiles y está debajo de las metas ambientales que nos hemos comprometido a nivel internacional”¹²⁶

A pesar de lo anterior, ni la próxima titular de SENER ni la próxima directora, se han pronunciado respecto a la energía nuclear y dudo que lo hagan pronto, la Central Laguna Verde seguirá operando de la misma manera y sin un incremento real en su participación, hasta no se establezca un plan concreto por parte del Ejecutivo.

Durante su campaña, la presidenta entrante, se comprometió a invertir 13.6 billones de dólares para la generación de electricidad¹²⁷. Esta inversión iría hacia el incremento de las energías **renovables** en el país, modernización de las actuales, continuación de los proyectos de gas actuales y más de 3,000 km de nuevas líneas de transmisión, lo que llevaría al incremento de más de 13.7 gigawatts al sistema, para 2030.

A pesar de la inversión que se realizará, nada de eso será destinado hacia energía nuclear. Ya que, por el momento, considero que esto no se encuentra en los planes de la siguiente administración, cuando si debiese. De acuerdo con la Presentación Corporativa del 1 cuarto del 2024, de Banorte¹²⁸, uno de los impedimentos hacia el crecimiento del nearshoring, además de las sequias, es la demanda eléctrica en el país.

De acuerdo con el mismo análisis, la AIE estima que el consumo actual de electricidad es de 300 TWh, mientras que, para los siguientes cinco años, este consumo subiría a 380-400 TWh. Para alcanzar dicha demanda, el banco estima, que se necesitaría una inversión de entre 38 y 40 billones de dólares, en los próximos años, para aumentar la capacidad de generación. El pronóstico, representa más del doble de lo que la presidenta entrante planea invertir en su administración.

¹²⁶ Francovich, Gabriela. “Con Emilia Calleja Alor a la cabeza de CFE, se espera una mayor apertura de renovables en México” México: Agosto 15, 2024. Disponible en línea: [energiáestrategica.com](https://www.energiaestrategica.com/con-emilia-calleja-alor-a-la-cabeza-de-cfe-se-espera-una-mayor-apertura-de-renovables-en-mexico/), México <https://www.energiaestrategica.com/con-emilia-calleja-alor-a-la-cabeza-de-cfe-se-espera-una-mayor-apertura-de-renovables-en-mexico/> (Consulta: septiembre 26, 2024)

Averbuch, Maya; Squires, Scott. “Mexico’s Sheinbaum Plans to Spend Billions on Gas, Solar Plants” Nueva York: Abril 15, 2024. Disponible en línea: [bloomberg.com](https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-04-15/mexico-s-sheinbaum-plans-to-spend-billions-on-gas-solar-plants) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-04-15/mexico-s-sheinbaum-plans-to-spend-billions-on-gas-solar-plants> (Consulta: septiembre 27, 2024)

¹²⁸ Grupo Financiero Banorte. **Corporate Presentation, 1Q24**. Disponible en línea: Autor https://investors.banorte.com/~media/Files/B/Banorte-IR/financial-information/quarterly-results/en/2024/1Q/GFNorte-Corporate_Pres_1Q24_public_M.pdf (Consulta: septiembre 27, 2024)

2. PROPUESTA DE REFORMA

La reforma que propongo tiene tres aspectos: modificar, añadir y abrogar. Serán sujetas de esta propuesta, varias de la leyes que han sido mencionadas en esta tesis, así como la Constitución.

Con la finalidad de combatir la pobreza energética, una de las problemáticas de esta tesis, es primordial el positivar como derecho fundamental el acceso a la energía eléctrica. Para esto, deberá de reformarse la Constitución, se puede tomar como ejemplo la iniciativa ya propuesta por la Senadora Mayuli¹²⁹, en la cual se reforma el artículo 4 de la CPEUM para que se añada lo siguiente:

“Adición a Art. 4

“Toda persona tiene derecho a la energía eléctrica, en forma suficiente, continua, segura, aceptable y asequible.”

Así mismo, se establecerá la obligación del Estado de garantizar el acceso en los términos establecidos, a la reforma propuesta por la Senadora:

Adición a Art. 25

“El Estado garantizará el derecho a la energía eléctrica en forma suficiente, continua, segura, aceptable y asequible, y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de las energías limpias y recursos energéticos, estableciendo la participación de la federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.”

En un segundo nivel y aprovechando las iniciativas ya propuestas, buscaría que la iniciativa de reforma de la Ley Reglamentaria, del Diputado Varela¹³⁰, fuese aprobada con algunas modificaciones. En la iniciativa, se busca que el ININ absorba todas las funciones de la extinta Comisión de Fomento Minero, que hasta ahora han sido ejercidas por el Servicio Geológico Mexicano, organismo descentralizado de la Secretaría de Economía, coordinado por la Unidad de Coordinación de Actividades Extractivas.

La iniciativa también pretende convertir al ININ en quien se encargue de la exploración de minerales. En la ley, esta es una facultad del Consejo de Recursos Minerales, ahora el Servicio Geológico Mexicano. En mi opinión esto se debería de quedar

¹²⁹ Martínez, Mayuli. Ob.Cit.

¹³⁰ Ob. Cit. Varela, Víctor.

así, toda vez que el SGM es el organismo minero por excelencia en el país, estos cuentan con los recursos y experiencia para llevar a cabo la exploración de posibles yacimientos nucleares, como lo han estado haciendo desde la desaparición de URAMEX. En cuestión de explotación, es decir la acción concreta de minar y recabar el mineral radiactivo, la iniciativa también pretende que el ININ sea quien lleve esto a cabo.

La ley Reglamentaria, en su artículo 10, establece que exclusivamente será la Comisión de Fomento Minero quien realice la explotación de minerales radioactivos, sin embargo, esta se encuentra extinta desde 1992 y desde la desaparición de URAMEX en 1984, la explotación de mineral radiactivo en el país es inexistente.

Por lo anterior es que realmente se ocupa una reforma en los términos propuestos por el Diputado, sin embargo, estoy en desacuerdo que sea el ININ quien se lleve el papel de ser quien explote los yacimientos. Considero, sería necesaria la creación de un nuevo organismo, similar a URAMEX y LITIOMX, que pueda llevar a cabo las labores de explotación de minerales radiactivos con recursos y personal capacitado. Por la naturaleza del organismo, este deberá de ser un organismo descentralizado sectorizado a la Secretaría de Economía, al igual que el SGM.

La exploración y explotación, no sería lo único que se vea reformado, la iniciativa propone que el ININ se encargue del enriquecimiento, diseño y fabricación de combustibles nucleares. Con esto estoy de acuerdo, ya que el ININ cuenta con los recursos y experiencia para realizar esto, son quienes se encargan de la ciencia y tecnología nuclear en el país, entonces el enriquecimiento para uso energético del uranio está dentro de su campo de trabajo.

Una vez que los ámbitos de, exploración, explotación y enriquecimiento de uranio, sean reformados, la minería nuclear tendrá un resurgimiento que permitirá crecer la industria nuclear en el país, sin tener que depender del abastecimiento por medio de compra de este mineral radiactivo.

Como tercera reforma, propongo la abrogación de la Ley que Nacionaliza y que las siguiente disposiciones sean adaptadas a la Ley Reglamentaria:

- Aquellas que establecen el requerimiento de permiso para transporte de materiales radiactivos,

- La obligación de concesionarios mineros de dar aviso respecto al descubrimiento de materiales radiactivos en su concesión,
- Las multas económicas por no dar el aviso correspondiente, siendo estas actualizadas a UMA

Las disposiciones que establecen penas privativas de libertad por la explotación de minerales radiactivos, la comercialización, adquisición, refinamiento sin permiso, la extracción, transporte y suministro o tráfico de uranio, así como la pena privativa por no dar el aviso correspondiente del artículo 4to; deberán de ser trasladadas al Código Penal Federal.

Mientras que la declaratoria de nacionalización de los yacimientos nucleares descubiertos y por descubrir, podría ser realizada por medio de un decreto presidencial, al igual que paso con el litio; también podría ser realizada mediante una reforma la Constitución, lo cual considero una mejor idea. Esta adición deberá de ser en el Artículo 27, después del párrafo 8:

“Párrafo 8vo en Materia Nuclear:

Corresponde también a la Nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear y la regulación de sus aplicaciones en otros propósitos. El uso de la energía nuclear sólo podrá tener fines pacíficos.

Adición propuesta:

La exploración y explotación de yacimientos nucleares descubiertos y no descubiertos, así como su enriquecimiento, transformación a combustible nuclear utilizable y su comercialización es de facultad exclusiva de la Nación.”

Una cuarta reforma sería en materia de responsabilidad, tanto civil como ambiental. Primero, la Ley de Responsabilidad, establece los máximos de responsabilidad posibles como 100 millones de pesos por un accidente y 195 millones por la reincidencia en la instalación en un periodo de doce meses. Si bien estos montos cumplen con lo dispuesto en la Convención de Viena, estos resultan irrisorios cuando se considera que el monto

máximo que la Póliza de Responsabilidad de Laguna Verde¹³¹ cubre hasta 377,710,000 millones de dólares por uno o varios eventos, es decir 7,440,887,000 pesos al tipo de cambio actual.

Por lo anterior considero que esto debería ser lo primero reformado, en donde el máximo de responsabilidad deberá de ser el equivalente a lo dispuesto en la póliza contratada. Los importes de la responsabilidad económica por daños nucleares personales también deberán de ser reformados, eliminando lo referente a la cuantificación en salarios y actualizándolo a UMA e incrementando el monto al establecido por la Póliza:

- A) En caso de muerte, el valor de la Unidad de Medida y Actualización (UMA) vigente multiplicado por diez mil.*
- B) En caso de incapacidad total, la Unidad de Medida y Actualización (UMA) vigente multiplicado por quince mil.*
- C) En caso de incapacidad parcial la Unidad de Medida y Actualización (UMA) vigente multiplicado por cinco mil.*

Considero que además deberá incluirse en la Ley, la obligación de los operadores de contar con un seguro que cubra el costo de los daños incurridos. Actualmente, CFE si cuenta con un seguro, pero esto no está plasmado en la Ley de Responsabilidad, si no en la Convención de Viena.

Dentro de la responsabilidad del operador, también entra la responsabilidad ambiental. Si bien, la legislación ambiental no prevé el supuesto exacto de daños nucleares, si prevé la responsabilidad ambiental objetiva cuando se incurran en daños ambientales (de acuerdo con la definición de la LFRA) por la realización de actividades consideradas Altamente Riesgosas.

Dentro de este tipo de actividades, se encuentra el manejo de materiales radiactivos, por lo cual se puede encuadrar la generación de energía nuclear en este supuesto y definir al operador (CFE) como quien realiza la actividad altamente riesgosa. De lo anterior la LGEEPA, en el artículo 147 bis, establece la obligación de contar con un seguro de riesgo ambiental (CFE cumple con eso) y también la menciona la implementación de un Sistema Nacional de Seguros por Riesgo Ambiental.

Como mencionado anteriormente, este sistema no existe. Es por ello que propongo también la creación del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la

¹³¹ Ob. Cit. Póliza Laguna Verde

Protección al Ambiente para el Establecimiento de Seguros y Primas por Riesgo Ambiental, en el cual se establezcan los requisitos de los seguros de riesgo ambiental que deberán de contratar aquellos que realicen actividades altamente riesgosas, incluido CFE en Laguna Verde.

La creación de este Reglamento deberá de establecer los montos máximos de responsabilidad por daños ambientales, así como el procedimiento de descontaminación y reparación del daño (en la medida de lo posible), que deberá de ser cubierto por el seguro. Lo anterior obligara a CFE a contratar un seguro por separado por responsabilidad ambiental o expandir en el actual, lo respectivo al daño ambiental.

Mi quinta y última reforma, estaría enfocada en el robustecimiento de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias; las funciones de está, se encuentran bien establecidas en la Ley Reglamentaria, en su Manual de Organización y en el Reglamento de Seguridad Radiológica. Sin embargo, estas tienen un efecto “interno” es decir hacia su lugar en la industria nuclear y no tiene este mismo lugar en el ámbito “externo”, es decir en el Sistema Eléctrico Nacional, ni en la regulación del sector energético, como si lo tienen otras comisiones.

Por lo anterior, considero que, si se plantea incrementar la generación de energía nuclear en México, el órgano regulador (CNSNS) deberá de tener mayores facultades de las actuales. Primero, se le deberá de integrar como un Órgano Regulador Coordinado en Materia Energética, de tal manera tendrá injerencia en la toma de decisiones, respecto al rumbo que tomará el sector energético, para tal se reformaría la Ley de Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.

La segunda reforma que deberá realizarse, sobre la CNSNS, será sobre el presupuesto que se le otorga. Mientras que, en 2024, a la Comisión Nacional de Hidrocarburos (Órgano Regulador Coordinado) se le otorgaron \$247,551,341 de pesos¹³², la CNSNS solo recibió \$115,735,206 de pesos¹³³. Esto representa una disparidad enorme

¹³² Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2024. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 46: Comisión Nacional de Hidrocarburos.** Disponible en línea: Autor https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/btrnZkyc/PEF2024/rpdngkxq/docs/46/r46_apurog.pdf (Consulta: septiembre 27, 2024)

¹³³ Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2024. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 18: Energía.** Disponible en línea:

entre los dos órganos y se ve reflejado en la influencia que tiene cada uno, en el sector energético en general.

Por lo que, es necesario que, al igual que sus funciones, el presupuesto otorgado a la Comisión tenga un aumento sustancial. Este aumento deberá de ser ejercido en para el mejoramiento del órgano y que pueda dar abasto al incremento que planteo en la generación de energía nuclear.

Dicho incremento deberá de ser plasmado en las políticas de la CFE y particularmente en el PRODESEN de los próximos años. Los próximos proyectos deberán de contemplar no solo el incremento de la generación, esto mediante la construcción de ya sea un tercer reactor nuclear en Laguna Verde (lo cual ya observamos que es viable) o bien mediante una nueva planta nuclear en un lugar viable.

CONCLUSIÓN

A lo largo de la presente investigación han quedado aclarados diversos puntos respectivos a la generación de energía nuclear, particularmente en México. Al comenzar con esta tesis, partí de la base que este tipo de generación eléctrica podría ampliamente beneficiar a México a no solo alcanzar una soberanía energética que demás fuentes de generación no nos dan, sino también a acatar la problemática que presenta la contaminación ambiental por medio de emisiones de carbono.

Mi objetivo ha sido que, a través de la información presentada y el análisis realizado, el lector pueda llegar a la conclusión de que la energía nuclear representa una fuente de energía con múltiples beneficios que actualmente no estamos aprovechando de manera efectiva. Además de ser una fuente de energía confiable y de alta capacidad, la energía nuclear tiene el potencial de contribuir significativamente a la reducción de gases invernadero, lo que se presenta como una misión importante en el contexto de los compromisos internacionales de México para combatir y mitigar el cambio climático.

Este objetivo se cumplió en la medida en que fue fluyendo la investigación, cada capítulo brindando una perspectiva nueva de no solo, la industria nuclear en México, sino también del funcionamiento y complejidades del sistema eléctrico nacional en general. El primer capítulo abordó los aspectos técnicos, que hacen posible la generación de electricidad por medio de elementos nucleares, y también se abordaron aspectos regulatorios de la energía nuclear en el país, que incluyeron un marco legal, tanto nacional como internacional. La multitud de leyes, normas y tratados que regulan la generación de energía nuclear en México, evidencian la complejidad y los diferentes mecanismos que son necesarios para garantizar que esta energía se genere de manera segura y eficiente.

Un marco legal exhaustivo en materia nuclear tiene como finalidad el proteger la salud pública y el medio ambiente, pero también cumple con estándares internacionales de no proliferación y seguridad nuclear, que son temas que constantemente se encuentran dentro de las preocupaciones de la gente cuando se habla de energía nuclear. Este primer capítulo también muestra las deficiencias que tiene la ley, en donde si bien, son diversas las que rigen a la industria nuclear, la mayoría de estas regulaciones son internacionales o

normativas, cuando la ley secundaria, reglamentaria de un precepto constitucional, no se encuentra actualizada y su regulación es muy laxa.

Habiendo mostrado la base sobre la cual se rige la industria nuclear, proseguí a explicar en concreto como es que funciona la generación de energía nuclear en el país, los organismos involucrados y la protección ambiental que existe en la materia. Lo anterior, llevo a comprender el funcionamiento de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, la única planta nuclear operativa en México, ubicada en Veracruz, la cual es operada por la CFE por mandato constitucional y supervisado por la CNSNS, que se encarga de que se cumplan con la normativa nacional e internacional y que se garantice la seguridad y el desempeño eficiente de la instalación.

Un tema de interés que este capítulo abarco, fue la exploración de yacimientos de uranio en México, como presentado, el uranio enriquecido utilizado como combustible nuclear en Laguna Verde es adquirido por medio de compra a una empresa extranjera, si bien el costo es menor a otros combustibles utilizados para la generación de energía, como el gas natural o carbón, esto sigue siendo un costo que podría ahorrarse o reducirse de producirse en México, justo este punto es parte de mi propuesta de reforma.

También, examine la regulación en materia de protección ambiental que México ha adoptado para minimizar los riesgos asociados a la energía nuclear. Esto refleja el compromiso del operador (CFE), de mantener estándares internacionales que aseguren la seguridad de la central. Lo anterior también, evidencia áreas de oportunidad que pueden mejorarse y así permitir a México aumentar su generación de energía nuclear y reducir sus emisiones de gases invernadero, para mitigar los efectos del cambio climático.

Con el fin de proporcionar un contexto más amplio sobre el potencial de la energía nuclear, busqué mostrar los modelos de energía nuclear de otros países a los cuales, les funciona el uso de esta energía, para eso realicé una comparación analítica de México con tres países: Argentina, Estados Unidos y Francia. De los tres, el mejor, a mi parecer, es el modelo francés, ya que, por un lado, en Argentina, la producción si bien representa mayor porcentaje que en México, la capacidad y generación total sigue siendo menor y, por otro lado, Estados Unidos tiene un modelo que permite a privados entrar en la industria, lo que a mi parecer ha llevado a problemas de corrupción y desastres ambientales.

Lo que nos deja con Francia, que se destaca por ser el país que genera la mayoría de su electricidad a partir de reactores nucleares. El modelo francés, que se ha basado en una estrategia energética basada en energía nuclear impulsada por el Estado, por medio de una empresa (EDF), la cual es propiedad del gobierno, no muy diferente al concepto de empresa productiva del Estado¹³⁴, como lo es CFE. La experiencia de Francia demuestra que, con el respaldo del gobierno y una infraestructura sólida, la energía nuclear es una herramienta clave para alcanzar la autosuficiencia energética, mejorar el tema ambiental y eliminar la dependencia de los combustibles fósiles.

Las problemáticas presentadas, tanto la pobreza energética como la falta de positivación del derecho humano a la energía, son problemas que acosan a todo el sistema eléctrico nacional, no solo a la energía nuclear. Sin embargo, creo firmemente que un primer paso para solucionar la pobreza energética sería el invertir más en la energía nuclear, dada su alta capacidad y cero emisiones, así mismo el positivar el acceso a la energía, podría propiciar un crecimiento en la industria eléctrica y en particular en la nuclear.

El costo/beneficio analizado, muestra que sí, es costoso la generación de energía nuclear, sin embargo, los beneficios sobrepasan por mucho los costos y son muchos mejores que lo que otras energías limpias promueven, ya que la energía nuclear es una energía madura, la industria sabe ya cómo funciona y la experiencia combinada con la tecnología de punta, perfilan a este tipo de energía, como la mejor para atacar los problemas energéticos de la actualidad. También, en términos de seguridad nuclear, los avances tecnológicos en la industria han minimizado significativamente los riesgos asociados, y los países con experiencia en energía nuclear han demostrado que es posible operar plantas de manera segura y continua durante décadas.

Así mismo, la reforma propuesta en el cuarto capítulo muestra una manera en la que podría comenzar a crecer la industria nuclear en México, de la mano de la CFE. Esta reforma tendría como objeto, no solo homologar y armonizar los conceptos arcaicos en algunas leyes, sino que crear una regulación nuclear digna del siglo XXI.

¹³⁴ Ahora publica.

Esto se lograría, en principio, reviviendo la minería nuclear en México y refinando el uranio en el país, esto nos ayudaría a alcanzar un nivel de soberanía, en tanto no se ocuparía comprar el combustible nuclear a extranjeros. Esto se podría lograr con revivir URAMEX o con la propuesta del diputado Varela de alzar al ININ como el encargado de la exploración y explotación de uranio en el país.

Un segundo paso, vería el empoderamiento de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, elevándola a un plano de igualdad comparable a la Comisión Nacional de Hidrocarburos. Así mismo, el ININ también debería de tener más injerencia en la industria nuclear en la parte técnica.

De la mano de todo lo anterior y como un punto aparte, la positivación del derecho humano a la energía, limpia, segura y asequible ayudaría a que se tuviera la garantía constitucional del acceso a la electricidad y la obligación del Estado de proveerla. Esto podría incentivar al Estado a invertir más en fuentes limpias y confiables que puedan, no solo competir con las fósiles, sino también mantener su productividad, como ha quedado demostrado que lo es la energía nuclear. Este enfoque garantizaría que las futuras generaciones cuenten con una fuente estable de energía que no sea considerada una simple “mercancía” sino un derecho fundamental inherente a la persona, que atiende las problemáticas ambientales, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.

Un último paso, implicaría que, dentro de los programas de desarrollo del sistema eléctrico nacional de los próximos años, se tome a consideración el seriamente ampliar la capacidad de energía nuclear en el país, esto con la construcción de más reactores nucleares en lugares estratégicos del territorio nacional que puedan abastecer la demanda que existe actualmente. La propuesta muestra un camino claro para el crecimiento de la industria nuclear en México y cuenta con el respaldo del ejemplo de los modelos de otros países, a los cuales les ha funcionado.

En conclusión, esta investigación me ha permitido comprender con mayor profundidad la situación actual de la industria eléctrica nacional, así como el pequeño sector que es la energía nuclear y si bien comencé esta tesis partiendo de la mínima premisa, que este tipo de energía es el mejor, he llegado más allá.

Para mí, se ha hecho evidente que la energía nuclear no solo es una opción viable para combatir el cambio climático, por medio de la reducción de emisiones de gases invernadero, sino que también podría ayudar al país a diversificar su matriz energética y alcanzar esta famosa “soberanía energética” de la cual nuestros políticos tanto nos hablan.

Uno de los principales aprendizajes que me deja esta investigación es que, aunque México cuenta con un marco regulatorio amplio, tanto nacional como internacional, este sigue siendo deficiente y aún existe un largo camino por recorrer para aprovechar al máximo el potencial de este tipo de energía.

Para alcanzar esto, es necesario modernizar y armonizar nuestro marco normativo, integrando avances tecnológicos y conceptos actuales que permitan a la industria nuclear nacional crecer de manera segura y eficiente. Además, el revivir la minería nuclear y lograr la autosuficiencia en la producción de uranio enriquecido sería la piedra angular, evitando así la dependencia de actores extranjeros para el suministro de combustible nuclear, reduciendo los costos de producción y a su vez los precios para el consumidor final. Finalmente, estoy seguro de que el convertirnos en un México Nuclear, nos encaminaría a un crecimiento verdadero lejos de los fósiles que acechan al sector energético y a nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

DOCTRINA.

Alire García, David. “*Importante central eléctrica en México violó ley ambiental por años*” Ciudad de México: agosto 5, 2020. Disponible en línea: **reuters.com** [https://www.reuters.com/article/business/importante-central-elctrica-en-mxico-viol-ley-ambiental-por-aos-idUSKCN2511WP/#:~:text=5\).,los%20documentos%20de%20la%20CFE](https://www.reuters.com/article/business/importante-central-elctrica-en-mxico-viol-ley-ambiental-por-aos-idUSKCN2511WP/#:~:text=5).,los%20documentos%20de%20la%20CFE).

Álvarez Mario. **CFE dice ser más barata que IP; CRE tiene otros datos.** Disponible en línea: Energía a Debate <https://energiaadebate.com/cfe-dice-ser-mas-barata-que-ip-cre-tiene-otros-datos/#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20el%20costo%20promedio%20de,se%20ubica%20en%202.77%20pesos>.

Appleyard, David. “*France to renationalise EDF*” Julio 11, 2022. Disponible en Línea: Nuclear Engineering International Magazine <https://www.neimagazine.com/news/france-to-renationalise-edf-9838179/>

APTN. “*Macron calls for nuclear renaissance to end the France’s reliance on fossil fuels*” Lyon, Francia: Febrero 11, 2022. Disponible en línea: **euronews.com**, Green News <https://www.euronews.com/green/2022/02/11/macron-calls-for-nuclear-renaissance-to-end-the-france-s-reliance-on-fossil-fuels>

Auditoría Superior de la Federación. **Informe Individual del Resultado de la Fiscalización Superior de la Cuenta Pública 2020.** Disponible en línea: Autor https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2020b/Documentos/Auditorias/2020_0464_a.pdf

Autoridad Regulatoria Nuclear. **Acerca de ARN.** Disponible en línea: Gobierno de Argentina <https://www.argentina.gob.ar/arn/informacion-para-la-comunidad/acerca>

Averbuch, Maya; Squires, Scott. “*Mexico’s Sheinbaum Plans to Spend Billions on Gas, Solar Plants*” Nueva York: Abril 15, 2024. Disponible en línea: **bloomberg.com** <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-04-15/mexico-s-sheinbaum-plans-to-spend-billions-on-gas-solar-plants>

Ayala Espinosa, Camila. “*Claudia Sheinbaum descarta energía nuclear y toma distancia del ‘Plan Sonora de Durazo’*”. Ciudad de México: Agosto 5, 2024. Disponible en línea: **elceo.com**, Negocios <https://elceo.com/negocios/claudia-sheinbaum-descarta-energia-nuclear-y-toma-distancia-del-plan-sonora-de-durazo/>

Ballard, Barclay. **Is Germany right to power down its nuclear reactors?** Disponible en línea: European CEO <https://www.europeanceo.com/home/featured/is-germany-right-to-power-down-its-nuclear-reactors/>

Bartak, Jan; Camarcat, Noel. **Nuclear Power in France and its Contributions to Reaching EU's Climate Objectives.** Disponible en línea: NucAdvisor <https://www.nucadvisor.com/post/nuclear-power-in-france-and-its-contribution-to-reaching-eu-s-climate-objectives>

Becerra, Jessika. “Laguna Verde requiere inversión de 15,000 mdd; un nivel bajo respecto a Dos Bocas”. Ciudad de México: junio 30, 2022. Disponible en línea: **elceo.com**, Negocios <https://elceo.com/negocios/ampliar-laguna-verde-costaria-15000-millones-de-dolares-un-nivel-bajo-respecto-a-dos-bocas/>

Celis, Darío. “El contrato ventajoso, ahora, de GE en Laguna Verde” Ciudad de México: marzo 5, 2021. Disponible en línea: **elfinanciero.com** <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/dario-celis/el-contrato-ventajoso-ahora-de-ge-en-laguna-verde/>

CFE. Informe Anual 2022. Abril 27, 2023. Disponible en línea: Portal CFE <https://www.cfe.mx/finanzas/reportesfinancieros/Informe%20Anual%20Documentos/Informe%20Anual%20Portal.pdf>

CFE. **A La Opinión Pública. Sobre La Central Nucleoeléctrica “Laguna Verde”** Disponible en línea: Autor <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2074>

CFE. **Actualización de Obligaciones de Transparencia, del Artículo 70, fracción XXVIII de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.** Disponible en línea: Autor <https://portales-transparencia.cfe.mx/corporativo/28%20Procedimientos%20de%20Contratacin/Coordinaci%C3%B3n%20de%20Proyectos%20Especiales%20y%20Racionalizaci%C3%B3n%20de%20Activos/2024/T2%20Contrato%20COOPERA%20801113737.pdf>

CFE. **Cfe Distribución Genera Ingresos A La Cfe Por 152 Mil 682 Mdp, Avanza En La Electrificación, Y Concluye Proyectos Y Programas De Inversión 2023.** Disponible en línea: Autor <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=6042> (Consulta: Agosto 29, 2024)

CFE. Informe Anual 2023. Abril 25, 2024. Disponible en línea: Portal CFE <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/Reportes%20Anuales%20Documentos/Informe%20Anual%202023.pdf>

CFE. **Póliza de Responsabilidad Civil Central Laguna Verde 2024-2025.** Disponible: [8 Pólizas\Partida 1\1 Póliza RC CNLV 2024-2025 .docx](#)

Citizen Utilities Board. **¿Cuánta energía consume tu nevera?** Disponible en línea: Autor <https://www.citizensutilityboard.org/espanol/2019/12/13/cuanta-energia-consume-tu-nevera/>

Comisión Chilena de Energía Nuclear. **Reactores Pressurised Heavy Water Reactor (PHWR).** Disponible en línea: Autor. https://www.cchen.cl/?page_id=3753

Comisión de Energía. **Dictamen por el cual se desechan diversas proposiciones con punto de acuerdo relativas a la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde.** Disponible en línea: Sistema de Información Legislativa http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2023/02/asun_4490794_20230214_1670368702.pdf

Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales. **Dictamen de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con proyecto de decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.** Disponible en línea: SCJN <https://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?q=zmlkJ/89AXJJKRY4OR4AdJfDMzhkPqPANxAq/gybJjLcbENYn30xcxb9PZDKc+rp2VQJ03lO214qKtZL4+aT9w>

Comisión Nacional De Energía Atómica. **¿Qué es la Comisión Nacional de Energía Atómica?** Disponible en línea: Gobierno de Argentina <https://www.argentina.gob.ar/cnea/institucional>

Disponible en línea: Politico <https://www.politico.eu/article/nuclear-reactors-germany-invest-gas-power-plants-energy/>

Duke Energy. **Pressurized Water Reactors (PWR) and Boiling Water Reactors (BWR).** Disponible en línea: Autor <https://nuclear.duke-energy.com/2012/03/27/pressurized-water-reactors-pwr-and-boiling-water-reactors-bwr>

Duke Energy. **What you need to know about the different types of nuclear reactors.** Disponible en línea: Autor <https://nuclear.duke-energy.com/2021/03/29/what-you-need-to-know-about-the-different-types-of-nuclear-reactors>

E-control, MEKH, VaasaETT. **Household Energy Price Index for Europe 2024** Disponible en línea: Autor <https://www.energypriceindex.com/price-data>

EDF. **EDF completes sale of its interest in CENG.** Disponible en Línea: Autor <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/edf-completes-sale-of-its-interest-in-ceng>

Ember and Energy Institute. **Carbon intensity of electricity generation.** Disponible en línea: Our World in Data <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity>

Energy Information Administration. **Nuclear Reactor Ownership.** Disponible en línea: Autor <https://www.eia.gov/nuclear/reactors/ownership.php>

Energy Information Administration. **Nuclear explained. Nuclear Power and the environment.** Disponible en línea: Autor

<https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-and-the-environment.php#:~:text=Nuclear%20power%20reactors%20do%20not,require%20large%20amounts%20of%20energy>.

European Environment Agency. **Air pollution - State and impacts (France).** Disponible en Línea: Autor <https://www.eea.europa.eu/soer/2010/countries/fr/air-pollution-state-and-impacts-france>

European Nuclear Safety Regulators Group. **France. Nuclear Regulatory Authority.** Disponible en línea: Autor <https://www.ensreg.eu/country-profile/France>

Fermi, Enrico. **“Radioattività provocata da bombardamento di neutroni III”** (La Ricerca Scientifica, vol.5, no.1, p. 452-454) Citado por: Hayes, A.C. **Applications in Nuclear Physics.** EUA, Los Alamos National Laboratory, 1985, p.4

Foro de la Industria Nuclear Española. **Etapas para la obtención de combustible nuclear a partir del uranio.** Disponible en línea: Autor <https://www.foronuclear.org/actualidad/fondo/etapas-para-la-obtencion-del-combustible-nuclear-a-partir-del-uranio/>

Foro Nuclear. **¿Cuánta energía en kWh se extrae de un kilo de uranio y que rendimiento tiene cada kilo?** Disponible en línea: Autor <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-combustible-nuclear/cuanta-energia-en-kwh-se-extrae-de-un-kilo-de-uranio-y-que-rendimiento-tiene-cada-kilo/>

Francovich, Gabriela. *“Con Emilia Calleja Alor a la cabeza de CFE, se espera una mayor apertura de renovables en México”* México: Agosto 15, 2024. Disponible en línea: **energíastrategica.com**, México <https://www.energiaestrategica.com/con-emilia-calleja-alor-a-la-cabeza-de-cfe-se-espera-una-mayor-apertura-de-renovables-en-mexico/>

Gallegos Ballesteros, Francisco. **“Contradicción de Tesis 198/2017: Comisión Federal de Electricidad como Autoridad Responsable en el Juicio de Amparo”.** Julio-Diciembre, 2019. Disponible en línea: **Revista del Instituto de la Judicatura Federal.** No. 48, 2019. <https://escuelajudicial.cjf.gob.mx/Sitio2016/include/sections/revista/48/13%20FRANCISCO%20BALLESTEROS.pdf>

Gante, Diana. *“Corrige Sener: 35% de energía limpia para 2024”.* Septiembre, 2022. Disponible en línea: **REFORMA.** Sección: Negocios <https://www.reforma.com/corrige-sener-35-de-energia-limpia-para-2024/ar2474886>

García-Ochoa, Rigoberto y Graizbord Boris” *Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional*” Mayo- Agosto 2016, p.305. Disponible en línea: **Economía, Sociedad y Territorio**. Vol. XVI, No.51, 2016, 289-337 <https://est.cmq.edu.mx/index.php/est/article/view/465/1147>

Gavin, Gabriel. **After scrapping nuclear reactors, Germany to spend billions on new gas power plants**

Gobierno de Argentina. **Población de Argentina**. Disponible en línea: Autor <https://www.argentina.gob.ar/pais/poblacion>

Godoy, Emilio. “*Las deficiencias recurrentes de la Central Nuclear de Laguna Verde reviven fantasmas del pasado*” Ciudad de México: Mayo 28, 2021. Disponible en línea: **elpais.com** <https://elpais.com/mexico/2021-05-28/las-deficiencias-recurrentes-de-la-central-nuclear-de-laguna-verde-reviven-fantasmas-del-pasado.html>

González Gálvez, Sergio. “¿Posible controlar la carrera armamentista?”. En: **Anuario Jurídico x 1983**. México, Instituto de Investigaciones Jurídicas UNAM. Año 1983, Vol. 10, 1983, (pp. 250-277)

Grupo Financiero Banorte. **Corporate Presentation, 1Q24**. Disponible en línea: Autor https://investors.banorte.com/~media/Files/B/Banorte-IR/financial-information/quarterly-results/en/2024/1Q/GFNorte-Corporate_Pres_1Q24_public_M.pdf

Health Effects Institute. **State of Global Air/2024. Special Report**. Disponible en línea: Autor, pp. 14 https://www.stateofglobalair.org/sites/default/files/documents/2024-06/soga-2024-report_0.pdf

Iberdrola. **Cerramos la venta del negocio de los ciclos combinados en México por 6.200 millones de dólares**. Disponible en línea: Sala de Comunicación <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-cierra-venta-negocio-ciclos-combinados-en-mexico-por-6200-millones-de-dolares>

INEGI. **Censo de Población y Vivienda 2020**. Disponible en línea: Autor <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. **Reactor de investigación TRIGA Mark III**. Disponible en línea: Autor <https://www.gob.mx/inin/es/articulos/reactor-triga-mark-iii-143366?idiom=es>

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. **Todo lo que necesitas saber sobre Energía Nuclear**. Disponible en línea: Autor <https://www.inin.gob.mx/multimedia/interactivo/index.html>

Juárez, Ulises. **Renuevan licencia de operación a la Unidad 2 de Laguna Verde.** Disponible en línea: Energía a Debate <https://energiaadebate.com/renuevan-licencia-de-operacion-a-la-unidad-2-de-laguna-verde/>

Lamont, Federico. “*Viable Un Tercer Reactor En Laguna Verde: Rocío Nahle*” Ciudad de México: Junio 17, 2024. Disponible en línea. **Latitudmegapolis.com** <https://latitudmegapolis.com/2024/06/17/viable-un-tercer-reactor-en-laguna-verde-rocio-nahle/>

Lanouette, William; Silard, Bela A. **Genius in the shadow: a biography of Leo Szilard: the man behind the bomb.** 1ªed. E.U.A, Macmillan Publishing Company, 1992

López Obrador, Andrés Manuel. **Conferencia Matutina 8 de julio de 2024.** Disponible en línea: Oficina de la Presidencia <https://www.gob.mx/presidencia/es/articulos/version-estenografica-conferencia-de-prensa-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-del-8-de-julio-de-2024>

López Villareal, Héctor. **Conferencia de Prensa, 10 de Diciembre de 2019.** Disponible en línea: Coordinación de Comunicación Corporativa <https://www.cfe.mx/cdn/2019/Archivos/Boletines/Conferencia%2010%20dic%202019.pdf>

Malavasi, Aldo. **Nuclear Technology for Climate: Mitigation, Monitoring and Adaptation.** Disponible en línea: IAEA <https://www.iaea.org/newscenter/statements/nuclear-technology-for-climate-mitigation-monitoring-and-adaptation>

Martínez Simón, Mayuli Latifa. **Iniciativa Con Proyecto De Decreto Por El Que Se Reforman Y Adicionan Los Artículos 4, 25 Y 73 De La Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos, En Materia Del Derecho A La Energía Eléctrica , Que Presenta La Senadora Mayuli Latifa Martínez Simón, Del Grupo Parlamentario Del Partido Acción Nacional.** Disponible en línea: Gaceta del Senado https://www.senado.gob.mx/65/gaceta_del_senado/documento/88938#:~:text=%E2%80%A6,Toda%20persona%20tiene%20derecho%20a%20la%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica%2C%20en%20forma,%2C%20segura%2C%20aceptable%20y%20asequible.&text=Art%C3%ADculo%2025

Martínez, Everardo. “*Dejo de invertir CFE 5.6 mil mdp en mantenimiento*”. Ciudad de México: Mayo 14, 2024. Disponible en línea: **eluniversal.com** <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/dejo-de-invertir-cfe-56-mil-mdp-en-mantenimiento/>

Membracon. “*Nuclear Power and Water Consumption.*” Agosto, 2022. Disponible en línea: **Smart Water Magazine.** <https://smartwatermagazine.com/news/membracon/nuclear-power-and-water-consumption>

Metallurgy for Dummies. **What is Yellowcake Uranium?** Disponible en línea: Autor <https://www.metallurgyfordummies.com/what-is-yellow-cake-uranium.html>

México Evalúa. **La responsabilidad corporativa de PEMEX a prueba: El caso de los impactos sociales y ambientales de la refinería Miguel Hidalgo.** Disponible en línea: Autor, pp. 11 <https://mexicoevalua.org/wp-content/uploads/2023/04/estudio-caso-pemex-tula-11-junio-final.pdf>

Moraal, Mareike y Shan, Lalitha. **Understanding the German Nuclear Exit.** Disponible en línea: Heinrich Böll Stiftung, Washington, DC <https://us.boell.org/en/2023/04/21/understanding-german-nuclear-exit>

N.L. Char y B.J. Csik. “El desarrollo de la energía nucleoelectrica: historia y porvenir”.1987. Disponible en línea: **OIEA BOLETÍN.** 3/1987, https://www.iaea.org/sites/default/files/29304781925_es.pdf

Novak, Stanislav y Podest, Milan. “Envejecimiento y prolongación de la vida útil de las centrales nucleares: aspectos de seguridad”.1987. Disponible en línea: **OIEA BOLETÍN.** 4/1987, p.33 https://www.iaea.org/sites/default/files/29402043133_es.pdf

Nuclear Energy Agency & International Atomic Energy Agency. “*Uranium 2022: Resources, Production and Demand*”. Abril, 2023. Disponible en línea: **Red Book 2022** https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2023-04/7634_uranium_-_resources_production_and_demand_2022.pdf

Nuclear Regulatory Commission. **Backgrounder on Nuclear and Disaster Relief.** Disponible en línea: Autor <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/factsheets/nuclear-insurance.html>

Observación General N°4. El derecho a una vivienda adecuada (párrafo 1 del artículo 11 del Pacto). Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Ginebra, Diciembre 13, 1991. Disponible en línea: Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2005/3594.pdf>

OIEA. **Argentina.** Disponible en línea: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=AR>

OIEA. **Estado Actual. Base de Datos de Reactores de Energía Nuclear.** Marzo 13, 2024. Disponible en línea: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia <https://pris.iaea.org/pris/>

OIEA. **Estados Unidos.** Disponible en Línea: Sistema de Información sobre Reactores de Potencia <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=US>

Peña Rodríguez, David. **Intervención en Parlamento Abierto de la Reforma Energética. Foro 22. “Electricidad como Derecho Humano de Rango Constitucional”**, febrero 21, 2022. Disponible en línea: Comisiones Unidas de Puntos Constitucionales y de Energía <https://www.diputados.gob.mx/parlamentoreformaelectrica/pdf/esteno/Foro-22.pdf>

Remitente: Einstein, Albert y Szilard, Leo. Destinatario: Frank Delano Roosevelt. Agosto 2, 1939. Disponible en línea: **FDR Library** <https://www.fdrlibrary.org/documents/356632/390886/document007.pdf/3483329d-7b68-442d-953d-eb91e0c5c9b1>

Rodríguez Mega, Emiliano y Romero Simón. “*Mexico is Reeling from Soaring Temperatures, Too*” Ciudad de México: Junio 29, 2023. Disponible en línea: **nytimes.com** <https://www.nytimes.com/2023/06/29/world/americas/mexico-heat-wave.html>

Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser. “Anexo III: Technology-specific cost and performance parameters. En: **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Reino Unido y Estados Unidos, Cambridge University Press, 2014, (pp.1329-1354), p.7. Disponible en línea: IPPC https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf

SEMARNAT, INECC, Gobierno del Estado de Hidalgo, Comisión Ambiental de la Megápolis. **Calidad del Aire de la Cuenca Atmosférica de Tula. Agosto de 2020.** Disponible en línea: **gob.mx** https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/571616/Calidad_del_Aire_Cuenca_Atm_de_Tula-FINAL.pdf

Secretaría de Energía (México). **Informe Nacional que presentan los Estados Unidos Mexicanos para satisfacer los compromisos de la Convención sobre Seguridad Nuclear. Periodo 2019-2021.** Disponible en Línea: Autor, p. 113 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/843327/Informe_Nacional-Mexico_2022.pdf

Secretaría de Energía. **Renueva SENER licencia de operación a Unidad 1 de la Central Nuclear Laguna Verde.** Disponible en Línea: Autor <https://www.gob.mx/sener/articulos/renueva-sener-licencia-de-operacion-a-unidad-1-de-la-central-nuclear-laguna-verde?idiom=es>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2023. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 18: Energía.** Disponible en línea: Autor, p.28 https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/atbnZdy0/PEF2023/ktp8ldcM/docs/18/r18_apurog.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2023. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 46: Comisión Nacional de Hidrocarburos.** Disponible en línea: Autor https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/atbnZdy0/PEF2023/ktp8ldcM/docs/46/r46_apurog.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2024. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 46: Comisión Nacional de Hidrocarburos.** Disponible en línea: Autor https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/btrnZkyc/PEF2024/rpdngkxq/docs/46/r46_apurog.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México). **Presupuesto de Egresos de la Federación 2024. Distribución del Gasto por Unidad Responsable y al Nivel de Desagregación de Capítulo y Concepto de Gasto. Ramo 18: Energía.** Disponible en línea: Autor https://www.pef.hacienda.gob.mx/work/models/btrnZkyc/PEF2024/rpdngkxq/docs/18/r18_apurog.pdf

Servicio Geológico Mexicano. **El Uranio en México.** Disponible en línea: Autor https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/El-uranio-en-Mexico.html

Servicio Geológico Mexicano. **Minería del Uranio.** Disponible en línea: Autor, https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Mineria-del-uranio.html

Sheinbaum Pardo, Claudia. **100 pasos para la Transformación.** Disponible en línea: Autor <https://claudiasheinbaumpardo.mx/wp-content/uploads/2024/03/CSP100.pdf>

Stevens, Landon. **The Footprint of Energy: Land Use of U.S Electricity Production.** Disponible en línea: Strata Policy <https://docs.wind-watch.org/US-footprints-Strata-2017.pdf>

Suárez, Gerardo. **El ININ y su participación en el Plan de Emergencia Radiológica Externo de la Central Laguna Verde.** Disponible en línea : OIEA, p.1 https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/32/030/32030507.pdf

Transparencia Mexicana. **Informe Laguna Verde.** Disponible en línea: Autor <https://www.tm.org.mx/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Laguna-Verde.pdf>

U.S Department of Energy. “The History of Nuclear Energy.” 1995, p. 3. Disponible en línea: Office of Nuclear Energy, Science and Technology. DOE/NE-0888, <https://www.energy.gov/ne/articles/history-nuclear-energy>

Usla, Hector. “México se queda sin luz en ola de calor: ¿Qué implica el estado operativo de emergencia?” Ciudad de México: Mayo 7, 2024. Disponible en línea: [elfinanciero.com https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2024/05/07/ola-de-calor-provocara-mas-apagones-que-implica-estado-de-emergencia-decretado/](https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2024/05/07/ola-de-calor-provocara-mas-apagones-que-implica-estado-de-emergencia-decretado/)

Varela López, Víctor Gabriel. **Iniciativa Con Proyecto De Decreto Por El Que Se Reforman Diversas Disposiciones A La Ley Reglamentaria Del Artículo 27 Constitucional En Materia Nuclear, Suscrito Por El Diputado Víctor Gabriel Varela López, Integrante Del Grupo Parlamentario Morena.** Disponible en Línea: Sistema de Información Legislativa http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2023/09/asun_4603631_20230919_1694560263.pdf

Vázquez, Carlos; Sánchez, Salvador y Cano, Jorge. **Intermitencia en la inversión y generación de electricidad de la CFE.** Disponible en línea: México Evalúa <https://numerosdeerario.mexicoevalua.org/2024/05/15/intermitencia-en-la-inversion-y-generacion-de-electricidad-de-la-cfe/>

Wamsley, Laurel. “Ohio House Speaker Arrested in Connection With \$60 Million Bribery Scheme.” 21 de Julio, 2020. Disponible en Línea: **NPR.** Sección Nacional <https://www.npr.org/2020/07/21/893493224/ohio-house-speaker-arrested-in-connection-to-60-million-bribery-scheme>

World Nuclear Association. “**Economics of Nuclear Powers**” Disponible en línea: Autor <https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power#CapitalCosts>

LEGISLACIÓN.

Acuerdo Bilateral de Cooperación en Materia Nuclear Mex-EU. México-Estados Unidos. Washington, D.C: Mayo 7, 2018. **(México, Aprobado: Marzo 24, 2022; Entrada en vigor: Noviembre 3, 2022).** Disponible en: ?

Acuerdo de París sobre el Cambio Climático .Convención arco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). París, Francia: 12 de diciembre de 2015. **(México: D.O.F. Sep 19, 2016).** Disponible en: UNFCCC https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish.pdf

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (Promulgada Feb 5, 1917/Mar 22, 2024)

Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares. OIEA, Viena, Mayo 21, 1963. (México: D.O.F Jul 25, 1989) Disponible en línea: OIEA https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc500_sp.pdf

Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética. (Promulgado Ago., 11, 2014/ Mayo 20, 2021)

Ley de Transición Energética. (Promulgado Dic 24, 2015/ Texto Vigente)

Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. (Promulgada Jun 7, 2013/ Mayo 20, 2021)

Ley General de Cambio Climático. (Promulgado Jun 6, 2012/ Nov 15, 2023)

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (Promulgada Ene 28, 1988/ Ene 24, 2024)

Ley Reglamentaria del Artículo 27 en Materia Nuclear. (Promulgada Feb 4, 1985/Abr 9, 2012)

Ley que declara Reservas Mineras Nacionales los Yacimientos de Uranio, Torio y las demás Substancias de las cuales se Obtengan Isótopos Hendibles que puedan Producir Energía Nuclear. (Promulgada Ene 26, 1950/Ene 12, 1972)

Manual de Organización de la CNSNS. (Promulgado Abr 11, 2012/ Texto Vigente)

Reglamento General de Seguridad Radiológica. (Promulgado Nov 22, 1988/ Texto Vigente)

Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina y el Caribe (Tratado de Tlatelolco). OEA. Ciudad de Mexico:14 de febrero de 1967. (México: D.O.F. Ene 25, 1969). Disponible en: OPANAL <https://opanal.org/texto-del-tratado-de-tlatelolco/>

JURISPRUDENCIA.

ACCESO A LA ENERGÍA ELÉCTRICA. DEBE RECONOCERSE COMO DERECHO HUMANO POR SER UN PRESUPUESTO INDISPENSABLE PARA EL GOCE DE MÚLTIPLES DERECHOS FUNDAMENTALES. Tesis Aislada. Amparo en Revisión. Tribunal Colegiado de Circuito. Clave I.3o.C.100 K (10a.) (SJF: 10ª época, T II, Dic., 2018, p. 959). Disponible en línea: SCJN <https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/2018528> Registro 2018528.

Corte IDH ***Caso Masacres de Río Negro Vs. Guatemala***. “Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas. Sentencia de 25 de mayo de 2017” Serie C No. 310. Disponible en línea: https://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_250_esp.pdf

ANEXOS

ANEXO 1:

CFE-0001-CASAT-0026-2024	NO	Ciudad de México	Servicios de reducción de volumen de barras de control y almacenamiento en la alberca de combustible gastado de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde	Concurso abierto	Servicio por Abastecimiento	26-07-2024	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$326,344,449.92	
CFE-0013-CASAT-0004-2024	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	INFORMES DE CALIFICACIÓN SÍSMICA Y AMBIENTAL	Concurso abierto	Servicio por Abastecimiento	20-06-2024	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$10,396,642.41	
CFE-0013-CSAAA-0139-2024	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	BLOQUES DE CONTACTOS	Concurso simplificado	Adquisición por Abastecimientos	27-05-2024	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$1,962,937.15	
CFE-0013-CSAAA-0110-2024	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	SUJETADOR DE CANAL PARA ENSAMBLES DE COMBUSTIBLE	Concurso simplificado	Adquisición por Abastecimientos	09-05-2024	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$288,797.07	
CFE-0013-ADAAA-0004-2024	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	TARJETAS DE RELEVADORES DEL SISTEMA DE MONITOREO NEUTRÓNICO RANGO DE POTENCIA (PRNMC51C)	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	22-04-2024	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$7,722,336.00	
CFE-0013-ADAAA-0019-2023	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	ADQUISICION DE REPUESTOS ANTIVIBRACION PARA BOMBAS DE CHORRO DEL SISTEMA RRC	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	13-12-2023	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$7,752,465.00	
CFE-0013-ADAAT-0002-2023	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	PARTES DE REPUESTO PARA LOS SISTEMAS ASOCIADOS AL REACTOR NUCLEAR	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	12-12-2023	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$26,229,724.54	
CFE-0013-ADAAA-0013-2023	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	TARJETAS RELEVADORES DEL SISTEMA DE MONITOREO NEUTRONICO RANGO DE POTENCIA (PRNMC51C)	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	06-11-2023	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$7,425,376.00	
CFE-0013-ADAAT-0001-2023	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	PARTES DE REPUESTOS PARA LOS SISTEMAS C51B-PRM	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	04-12-2023	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$9,537,901.00	
CFE-0013-CSAAA-0227-2023	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	ADQUISICIÓN DE SOLUCION DE PLATINO	Concurso simplificado	Adquisición por Abastecimientos	20-10-2023	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$3,016,731.55	

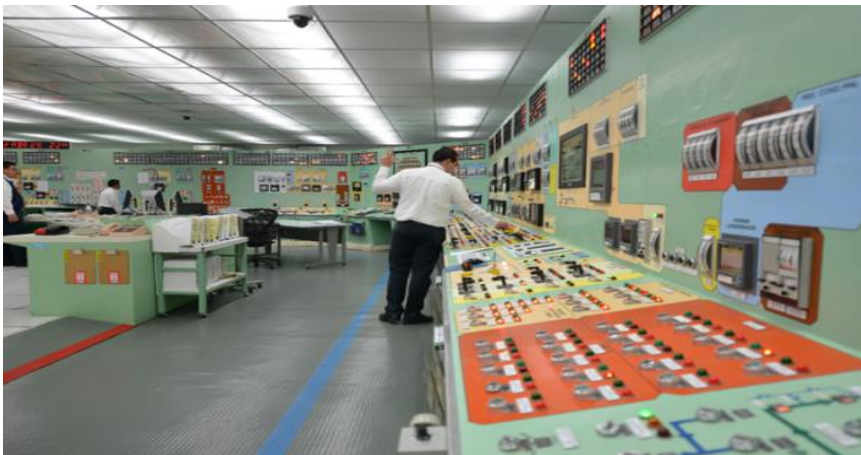
CFE-0013- CAAT-0017- 2023	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	FEMTOAMPERIMETRO Y EMPAQUES PARA EL SISTEMA DE MONITOREO DE PROCESO (PRMID13)	Concurso abierto	Adquisición por Abastecimientos	22-09-2023	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$8,469,969.75	
CFE-0013-ADAAA- 0001-2022	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	DETECTOR GAMMA RS- C4-0302-202 PARA LA MAQUINA A DEL TIP EN LA UNIDAD 2	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	01-02-2022	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$4,591,485.71	
CFE-0013- ADAAN-0003- 2022	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	Adquisición de relevadores serie KHS	Adjudicación directa	Adquisición por Abastecimientos	16-08-2022	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$690,052.00	
CFE-0013- CAAT-0003- 2021	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	ENSAMBLE PROTECCION ELECTRICA DE REACTOR (EPA), CONTIENE INTERRUPTOR, PROTECCION CONTRA ALTO VOLTAJE, BAJO VOLTAJE Y BAJA FRECUENCIA, VALORES TECNICOS DEL EQUIPO DE ACUERDO A ESP TÉC CFE E-05B	Concurso abierto	Adquisición por Abastecimientos	09-11-2021	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$11,277,887.50	
CFE-0001-CAAT- 0028-2021	NO	Ciudad de México	Adquisición de Barras de Control para usarse en reactores BWR/5 de las Unidades 1 y 2 de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde	Concurso abierto	Adquisición por Abastecimientos	21-05-2021	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$242,497,529.60	
CFE-0013-ADSAA- 0003-2019	NO	Veracruz de Ignacio de la Llave	AD-10-19 SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS NSSS Y BOP, PARA LAS DÉCIMO SEXTA RECARGA DE COMBUSTIBLE NUCLEAR DE UNIDAD DOS Y ACTIVIDADES EMERGENTES DE LA UNIDAD UNO EN LA CENTRA	Adjudicación directa	Servicio por Abastecimiento	19-03-2019	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$351,103,713.36	
CFE-0001-CAAT- 0023-2018	NO	Ciudad de México	Adquisición de Barras de Control para Reactor BWR/5 de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde	Concurso abierto	Adquisición por Abastecimientos	25-07-2018	Adjudicado	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY INTERNATIONAL LLC,	\$20,540,000.00	

Información de: <https://msc.cfe.mx/Aplicaciones/NCFE/Concursos/>

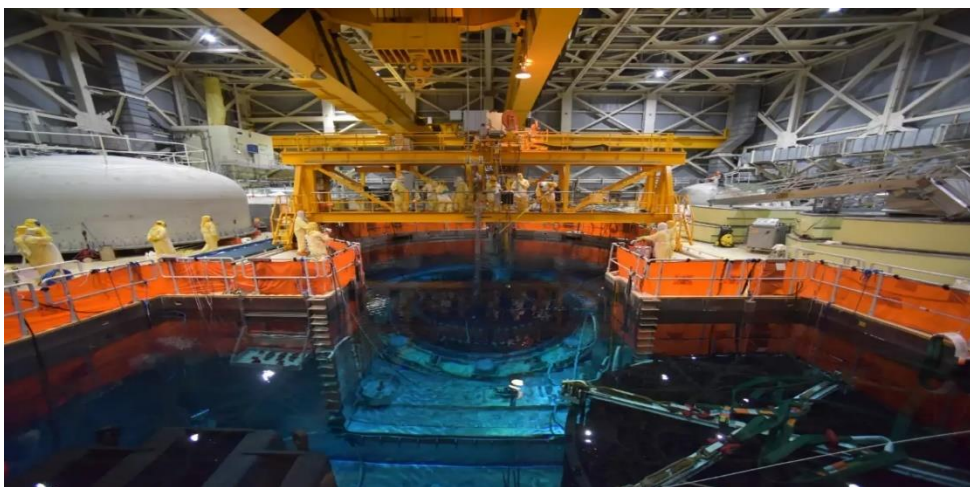
ANEXO 2:



<https://energyandcommerce.com.mx/reactores-de-central-de-laguna-verde-operan-en-condiciones-seguras-cfe/>

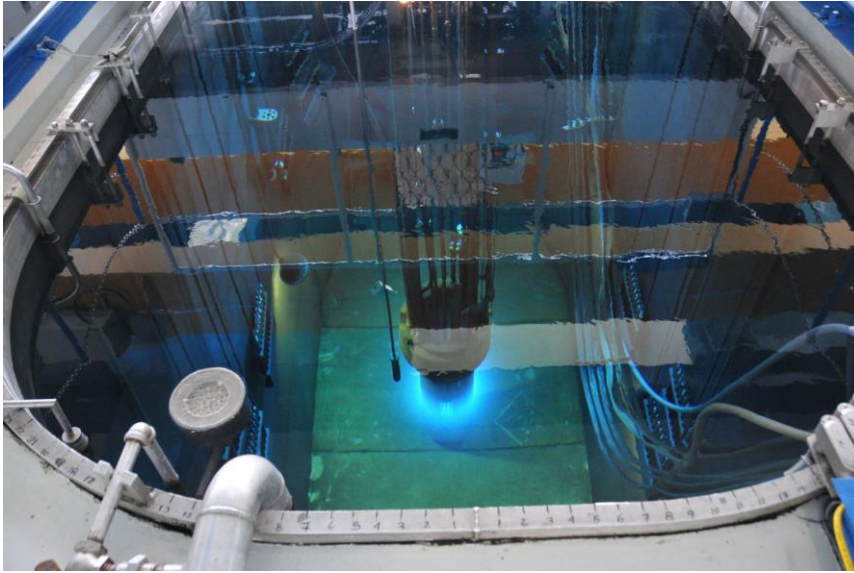


<https://www.pv-magazine-mexico.com/2020/07/27/30-anos-de-la-central-nucleoelectrica-laguna-verde/>



<https://politica.expansion.mx/locales/2022/08/09/la-central-nuclear-laguna-verde-aporta-18-de-la-energia-limpia-en-mexico>

ANEXO 3:



ANEXO 4:

SECCIÓN	LÍMITE MÁXIMO DE RESPONSABILIDAD	SUBLÍMITES DE RESPONSABILIDAD	DEDUCIBLE
I. RESPONSABILIDAD CIVIL POR DAÑO NUCLEAR	Límite único y combinado para las Instalaciones Nucleares de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde: USD \$377,710,000 por uno o varios eventos Límite Máximo de Responsabilidad por evento de USD \$ 100,000,000 por el Transporte de Combustible Nuclear Nuevo y/o gastado. Gastos de defensa por daño nuclear: USD \$20,000,000 (Con independencia del límite de daño nuclear).	Responsabilidad civil legal por daños no nucleares: USD \$5,000,000 Gastos de defensa por daños no nucleares a terceros: USD \$2,500,000 (incluidos en el sublímite de RC por daños no nucleares)	No aplica

CLÁUSULA 3ª.

MATERIA DEL SEGURO

La Compañía se obliga y se sujeta a los términos, límites y condiciones que más adelante se mencionan, a cubrir las indemnizaciones que legalmente o por mandato de autoridad judicial, el **Asegurado** deba pagar a terceros por los daños que se causen en sus personas y/o en sus bienes a consecuencia de un siniestro que tenga como origen un accidente nuclear o no nuclear que ocurra en las Instalaciones Nucleares de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, ubicada en el kilómetro 42.5 de la carretera Cardel-Nautla en Laguna Verde, estado de Veracruz, México, durante la vigencia de esta póliza y que cause daños nucleares y/o no nucleares (dentro de los límites territoriales de los Estados Unidos Mexicanos), así como los señalados en los siguientes puntos:

1. Uso o Posesión de las Instalaciones Nucleares de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde	Queda cubierta la Responsabilidad Civil por los daños y perjuicios que causen la liberación de sustancias nucleares que se encuentren dentro las Instalaciones Nucleares de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde a que esta póliza se refiere. Queda cubierta la Responsabilidad Civil Ambiental, así como los gastos por descontaminación.
2. Accidentes Nucleares	Asimismo, la cobertura incluye la responsabilidad Civil legal que se derive de accidentes nucleares originados por sustancias Nucleares perdidas, echadas, robadas o abandonadas, respecto de las cuales el Asegurado sea responsable.
3. Daños no Nucleares	Se conviene que la Compañía se obliga a pagar los daños no nucleares amparados por Responsabilidad Civil General, así como los perjuicios y daño moral consecuencial que el Asegurado cause a terceros en su(s) persona(s) y/o en sus bienes y por los que éste deba responder, conforme a la legislación aplicable en materia de Responsabilidad Civil General vigente en los Estados Unidos Mexicanos, por hechos u omisiones no dolosos ocurridos durante la vigencia de esta póliza y que causen la muerte o el menoscabo de la salud de dichos terceros o el deterioro o la destrucción de bienes propiedad de los mismos, según las cláusulas y especificaciones pactadas en este contrato de seguro.
4. Transporte de Combustible Nuclear Nuevo	Quedan cubiertos los daños ocasionados a terceros dentro de los límites territoriales de la República Mexicana, a consecuencia del traslado del combustible nuclear nuevo, necesario para las recargas de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde, con un límite máximo de responsabilidad por evento de USD 100,000,000. El Asegurado reportará con anticipación a la Compañía los traslados de combustible nuclear nuevo necesario para las recargas de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde.
5. Transporte de Combustible Nuclear Gastado	Quedan cubiertos los daños ocasionados a terceros a consecuencia del traslado del combustible nuclear gastado de las Albercas de Combustible Gastado (ACG's) a la Instalación Independiente para Almacenamiento en Seco de Combustible Nuclear (~~Independent Spent Fuel Storage Installation~~ ISFSI-Pad). El Asegurado reportará con anticipación a la Compañía los traslados de combustible nuclear gastado.

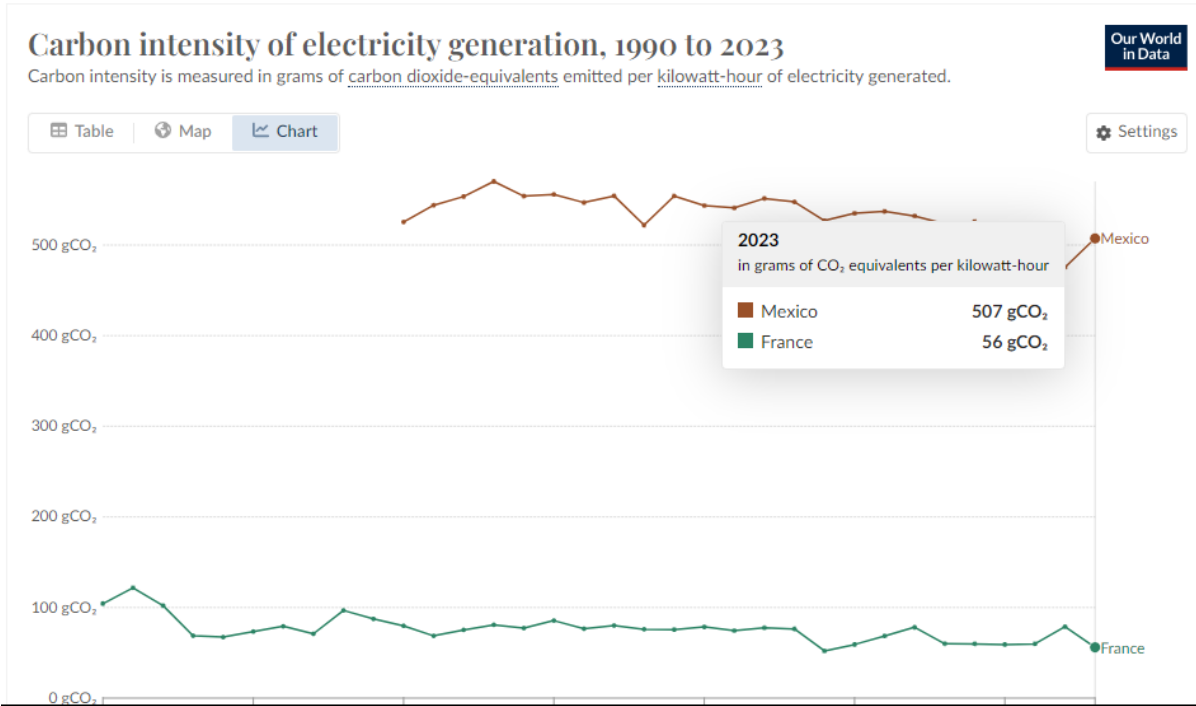
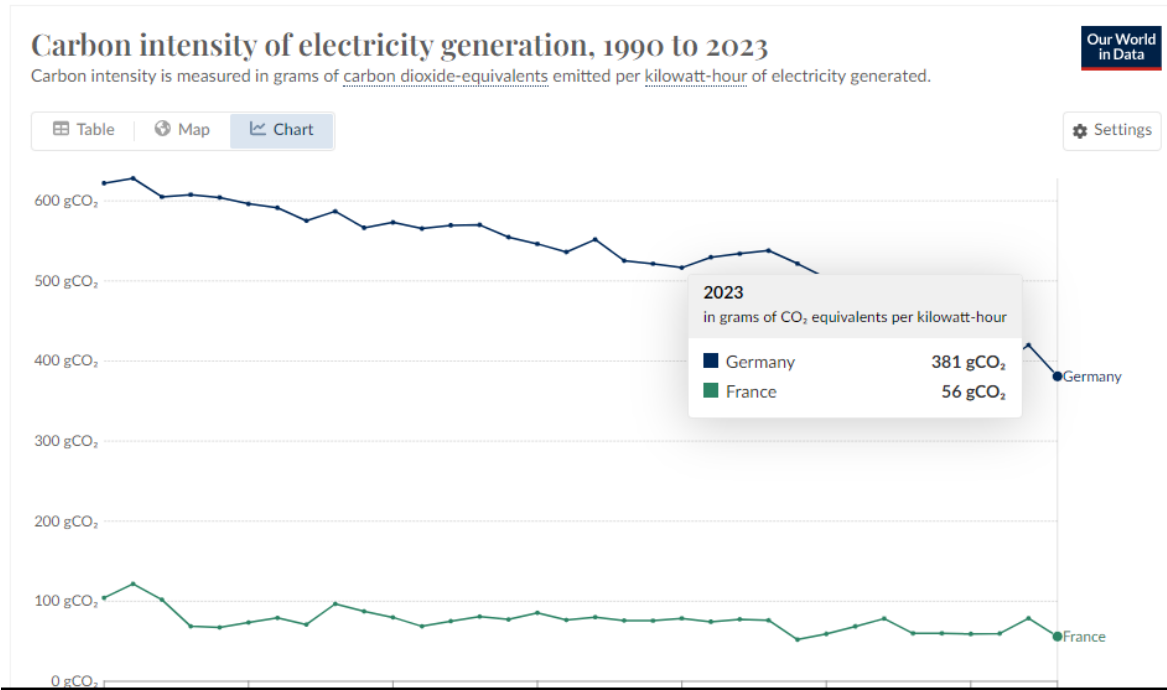
CLÁUSULA 4ª.

ESPECIFICACIÓN DE COBERTURA

- Los daños que se causen a propiedades de terceros que se encuentren dentro y fuera del predio de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde a consecuencia de un accidente nuclear ocurrido en la misma o derivados de las actividades propias del **Asegurado** como propietario o arrendatario de terrenos y edificios y que legalmente el **Asegurado** se encuentre obligado a pagar.
- La Responsabilidad Civil a terceros con quienes el **Asegurado** esté obligado en virtud de un contrato o adeudo a proporcionar cobertura de seguros, tal como la otorgada por la presente póliza, pero únicamente en la medida de dicha obligación y en conexión con las operaciones nucleares realizadas por, o en representación del **Asegurado**, o en conexión con las instalaciones nucleares del **Asegurado** o con las instalaciones nucleares utilizadas por el **Asegurado**.
- La Responsabilidad Civil que se derive de daños causados por trabajos, de remodelación, construcciones, ampliaciones o desmantelamiento total o parcial de la instalación nuclear asegurada.

<https://msc.cfe.mx/Aplicaciones/NCFE/Concursos/>

ANEXO 5

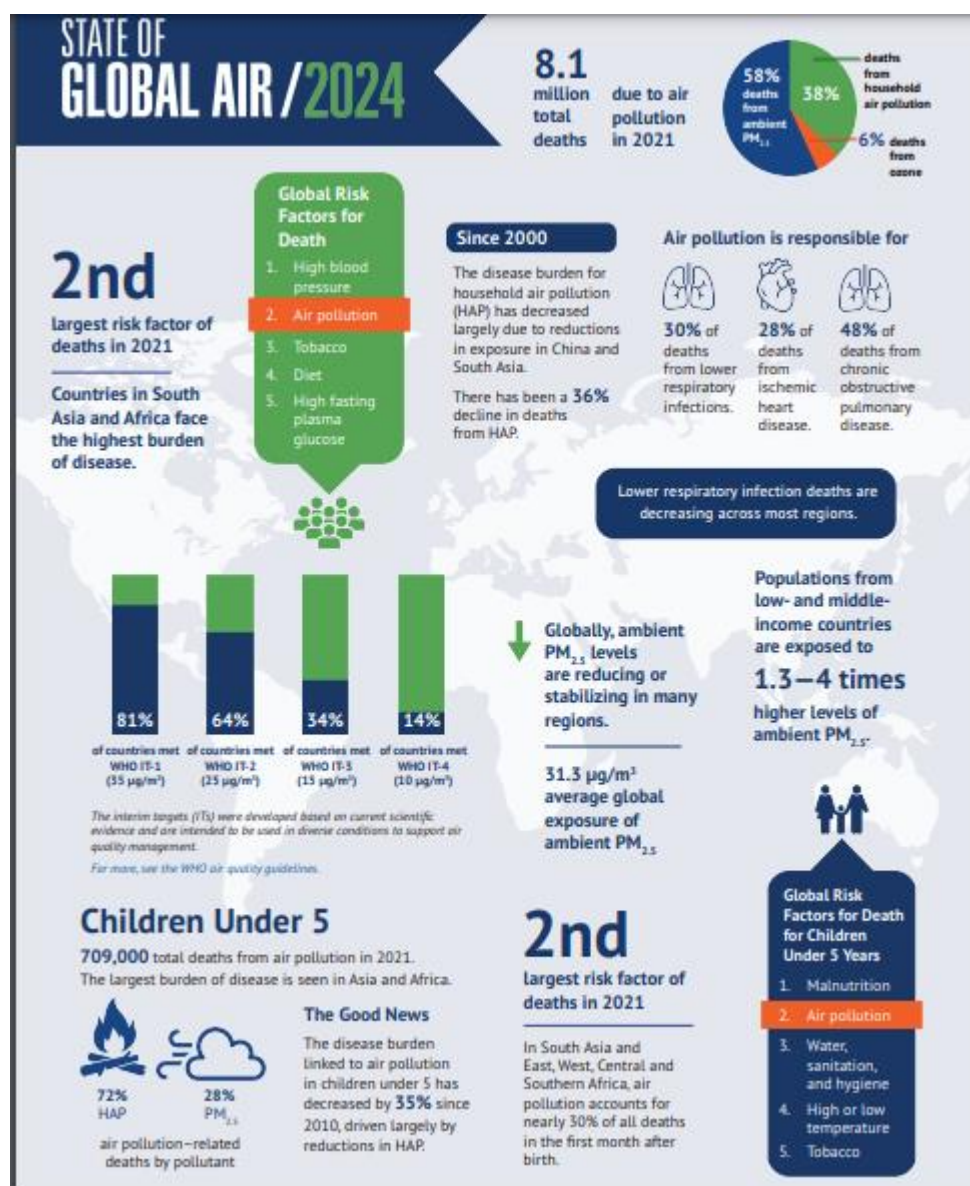


ANEXO 6

Table A.III.2 | Emissions of selected electricity supply technologies (gCO₂eq/kWh)

Options	Direct emissions	Infrastructure & supply chain emissions	Biogenic CO ₂ emissions and albedo effect	Methane emissions	Lifecycle emissions (incl. albedo effect)
	Min/Median/Max	Typical values			Min/Median/Max
Currently Commercially Available Technologies					
Coal—PC	670/760/870	9.6	0	47	740/820/910
Gas—Combined Cycle	350/370/490	1.6	0	91	410/490/650
Biomass—cofiring	n. a. ^a	—	—	—	620/740/890 ^b
Biomass—dedicated	n. a. ^a	210	27	0	130/230/420 ^b
Geothermal	0	45	0	0	6.0/38/79
Hydropower	0	19	0	88	1.0/24/2200
Nuclear	0	18	0	0	3.7/12/110
Concentrated Solar Power	0	29	0	0	8.8/27/63
Solar PV—rooftop	0	42	0	0	26/41/60
Solar PV—utility	0	66	0	0	18/48/180
Wind onshore	0	15	0	0	7.0/11/56
Wind offshore	0	17	0	0	8.0/12/35
Pre-commercial Technologies					
CCS—Coal—Oxyfuel	14/76/110	17	0	67	100/160/200
CCS—Coal—PC	95/120/140	28	0	68	190/220/250
CCS—Coal—IGCC	100/120/150	9.9	0	62	170/200/230
CCS—Gas—Combined Cycle	30/57/98	8.9	0	110	94/170/340
Ocean	0	17	0	0	5.6/17/28

ANEXO 7



ANEXO 8

Tabla 4. Comparación de emisiones de contaminantes en Ton/año durante 2016 y 2018

CENTRAL TERMOELÉCTRICA FRANCISCO PÉREZ RÍOS	PM₁₀	PM_{2.5}	SO₂	CO	NO_x	COV
2016	5,106	3,705	109,221	1,318	8,500	185
2018	5,322	3,860	113,943	1,340	8,797	189
TOTAL ZMVM	26,985	15,447	2,278	738,215	177,501	318,206
TOTAL NACIONAL	888,717	601,998	1,360,939	8,242,499	3,059,941	12,000,989