



CAREM: **Central Argentina** **de Elementos Modulares**

16/03/21



PROYECTO **VECTORES**

Sistema Nuclear

CAREM: Central Argentina de Elementos Modulares

16/03/21

Introducción

Presentación
del vector
Sistema Nuclear

CAREM:
Central Argentina
de Elementos
Modulares

**Ing. Luciano
Cianci.**

Subsecretario de
Relación con
Graduados, Facultad
de Ingeniería UBA.
Miembro del Programa
Interdisciplinario
de la UBA para
el Desarrollo, PIUBAD.

**Ing. Emanuel
Alejandro
Vázquez**

Graduado de la
Facultad de Ingeniería
de la UBA.

**Ing. Martín
Irigaray**

Graduado de la
Facultad de Ingeniería
de la UBA.

**Inga. Viviana
Escobedo**

Graduada de la Facultad
de Ingeniería de la UBA.
Comisión Nacional
de Energía Atómica,
CNEA. Gerencia
de Ingeniería.





CAREM: Central Argentina de Elementos Modulares

16/03/21

Introducción

*Ing. Luciano Cianci. Subsecretario de Relación con Graduados, Facultad de Ingeniería UBA.
Miembro del Programa Interdisciplinario de la UBA para el Desarrollo, PIUBAD.*

La presente gacetilla forma parte de la primera serie publicada en el marco del vector Sistema Nuclear del Proyecto Vectores, focalizada en difundir información acerca de las iniciativas más importantes del sector actualmente en curso en Argentina, los proyectos CAREM y RA-10, así como sobre algunos de los aportes que realiza nuestra Universidad al sistema, fundamentalmente en torno a su rol esencial en materia de formación de recursos humanos.

El *Proyecto Vectores* es una iniciativa de fuerte impronta interdisciplinaria enmarcada en la Universidad de Buenos Aires, con gran protagonismo de las ingenierías, que busca generar propuestas integradas para el desarrollo de Argentina. Asimismo, en el proceso de generar dichas propuestas promueve la conformación de redes de trabajo colaborativas con inserción en el medio nacional. En ese sentido, se busca que esta serie de publicaciones sirva no sólo para los fines de difusión ya enunciados sino también para seguir fortaleciendo y densificando dichas redes en lo que respecta a la temática nuclear.

A continuación, y antes de avanzar en los contenidos específicos de esta gacetilla, tres jóvenes graduados de la Facultad de Ingeniería de la UBA que se han destacado por sus aportes al desarrollo de este vector de trabajo dedican unas palabras de presentación.

Presentación del vector Sistema Nuclear

Ing. Emanuel Alejandro Vazquez¹, Ing. Martín Irigaray², Inga. Viviana Escobedo³. Graduados/a de la Facultad de Ingeniería de la UBA.

¿Por qué un vector focalizado en el Sistema Nuclear?

Al referirnos a la actividad nuclear no podemos focalizarnos sólo en la industria nuclear o en la energía nuclear, sino que debemos considerarla en clave de sistema, incluyendo en este concepto a todos los actores involucrados, como la *Comisión Nacional de Energía Atómica*, CNEA con su rol fundamental como nodo central científico y tecnológico; sus institutos *Balseiro*, *Dan Beninson* y *Sábato* –creados en cooperación con Universidades Nacionales–; otras instancias relevantes en materia de formación de recursos humanos, como nuestra Universidad de Buenos Aires; regulatorias –como la *Autoridad Regulatoria Nuclear*, ARN–; de operación de centrales nucleares, generación de energía eléctrica y gestión de proyectos nucleares (como *Nucleoeléctrica Argentina SA*, NASA); proveedores especializados (como *Combustibles Nucleares Argentinos*, CONUAR); empresas del sector privado; consultoras de ingeniería; entre otros. También, en lo respectivo a industria y tecnología nuclear, se destaca la empresa INVAP SE –junto a su red de proveedores–, dedicada al diseño y construcción de reactores de investigación, medicina nuclear, plantas de producción de radioisótopos y prestación de servicios especializados. De este modo se decidió que la denominación

más apropiada para un vector focalizado en la actividad nuclear sea *Sistema Nuclear*. En ese marco suscribimos, en lo que respecta a este sistema, a lo ya enunciado en la introducción como objetivo general: generar propuestas integradas para el desarrollo de Argentina, promoviendo en el proceso la conformación de redes de trabajo colaborativas.

En este camino y como parte de la comunidad de la Universidad de Buenos Aires, nos propusimos empezar por promover la articulación de actores y temáticas dentro de nuestra comunidad académica y de difundir iniciativas, algunas con varias décadas de trayectoria, muchas veces poco conocidas incluso en nuestro propio medio. También, avanzamos en la posibilidad de tender puentes entre los estudiantes y el sistema nuclear, promoviendo la generación de trabajos finales académicos focalizados en temáticas de interés para dicho sistema, experiencia que buscaremos profundizar en adelante.

¿Están los alumnos y graduados de las Facultades de la UBA conectados con el Sistema Nuclear?

Para responder a esta pregunta nos focalizamos inicialmente en el caso de nuestra Facultad de Ingeniería, en la que observamos que, históricamente, a pesar de la magnitud y grado de desarrollo de las actividades nucleares en nuestro país, los estudiantes –aún aquellos que están por finalizar su carrera de grado– no han tenido a su alcance información adecuada y completa de las actividades que se desarrollan en este sistema y por lo tanto desconocen sus necesidades y las oportunidades que ofrece.

1. Ing. Químico de la Universidad de Buenos Aires, maestrando en la Escuela de Graduados en Ingeniería de Dirección Empresarial, EGIDE – FIUBA.

2. Ing. Químico de la Universidad de Buenos Aires, Jefe de División Ingeniería y Asistencia Técnica en la Gerencia Química, Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA.

3. Inga. Química de la Universidad de Buenos Aires, Jefa de División Ingeniería en la Gerencia Ingeniería del Proyecto CAREM, Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA; Especialista en Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación y Seguridad Nuclear (FIUBA); Maestrando en la Escuela de Graduados en Ingeniería de Dirección Empresarial, EGIDE – FIUBA.

Será uno de nuestros principales objetivos trabajar para modificar dicha situación a partir de la conformación de las redes colaborativas ya mencionadas, incluyendo la creación de espacios de discusión e intercambio con participación de profesionales de distintas partes del Sistema, es decir, una “comunidad de buenas prácticas y lecciones aprendidas” para facilitar y potenciar el intercambio de información, perspectivas y experiencias dentro del ámbito laboral.

¿Quiénes conforman el vector Sistema Nuclear y cómo buscamos ampliar nuestros equipos?

Si bien se trata de un vector de desarrollo incipiente, tiene la ventaja de contar con muchos antecedentes e historia dentro de la Universidad de Buenos Aires, de donde han egresado numerosos profesionales con una larga actuación y experiencia en distintas áreas del sector. Así, el vector ha podido nutrirse desde su gestación con la participación de docentes, alumnos de grado y posgrado, así como profesionales de gran trayectoria y experiencia. Estamos trabajando asimismo en ampliar estos equipos con colegas destacados que se desarrollan dentro del sistema nuclear, en particular aquellos que se graduaron o mantienen relaciones de cooperación con nuestra Universidad de Buenos Aires.

¿Qué nos proponemos para el corto / mediano plazo?

A continuación, se enumeran algunas de las iniciativas que estamos buscando impulsar para el corto y mediano plazo:

- Generar iniciativas académicas e investigaciones articuladas en diversas te-

máticas de interés para el Sistema Nuclear, en particular en el marco de trabajos finales de grado y posgrado, para lo cual se cuenta con el apoyo de un número creciente de expertos tanto residentes en Argentina como en el exterior

- Promover la ampliación de los alcances de los contenidos de las materias de grado y dictadas en la Universidad relacionadas con necesidades del Sistema Nuclear
- Generar y divulgar contenido de los principales proyectos del Sistema Nuclear en todas sus aplicaciones pacíficas, en el país y en el resto del mundo
- Organización de encuentros a cargo de profesionales con experiencia en el Sistema Nuclear, que acerquen la temática a la comunidad universitaria y promuevan el interés en el mismo (ejemplos: proyecto RA-10, proyecto CAREM, construcción de nuevas centrales nucleares, extensión de vida de centrales existentes, etc.)
- Organizar visitas de estudiantes de la Universidad a plantas y centros de investigación nucleares
- Integrar al vector a nuevos colegas que desarrollen su actividad profesional en el Sistema Nuclear.

Esperamos que estas tareas permitan acercar a la comunidad universitaria a interesarse en el Sistema Nuclear y a conocer su potencial para aportar al desarrollo del país y a su propio desarrollo profesional. Desde el vector Sistema Nuclear los estaremos esperando para fortalecernos en conjunto, en un ámbito de análisis crítico, debate respetuoso de ideas y profundo amor al país y al rol de nuestras profesiones para su mayor soberanía, desarrollo y bienestar.

CAREM: Central Argentina de Elementos Modulares

Inga. Viviana Escobedo. Graduada de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Jefa de División Ingeniería en la Gerencia de Ingeniería del Proyecto CAREM, Comisión Nacional de Energía Atómica, CNEA. Especialista en Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación y Seguridad Nuclear (FIUBA). Maestrando en Dirección Industrial (FIUBA).

1. Qué es un SMR

La excelente performance de las centrales nucleoelectricas de las décadas pasadas fue estimulando a la industria nuclear a desarrollar plantas con gran capacidad de generación (por encima de los 1000 MWe). Sin embargo, la experiencia ha demostrado que este tipo de 'mega-centrales' sólo son adecuadas para ciertos países y ante determinadas circunstancias muy específicas (una sólida red de distribución, áreas muy densamente pobladas, etc.), ya que son muy costosas y difíciles de financiar, además de sumarse los intereses políticos, económicos y sociales que se dan en la estructura energética de un país. Volviendo a lo técnico, también se debe mencionar el gran impacto negativo en la infraestructura energética cada vez que se debe retirar de servicio un reactor nuclear de estas magnitudes.

En este contexto comenzaron a ganar consideración los SMR, sigla de *Small Modular Reactors* (Reactores Modulares Pequeños), es

decir: una nueva e innovadora generación de centrales nucleares de pequeña y mediana potencia que proponen toda una gama de características flexibles con respecto a las ya existentes, adaptables a un abanico enorme de sitios de emplazamiento, y que son además financieramente accesibles, no sólo en comparación con las grandes centrales nucleares, sino también con otras fuentes de generación de electricidad.

Los SMR son diseñados para generar energía eléctrica de hasta 300 MW, cuyos componentes y sistemas pueden fabricarse en talleres, luego transportarse e instalarse en módulos en el sitio de emplazamiento de la central nuclear. La ventaja es que se pueden implementar como una planta de uno o varios módulos, según surja la demanda de energía eléctrica en el sitio. Además, cabe destacar, que los diseños SMR adoptan características de seguridad avanzadas e incluso inherentes.

Aunque los SMR tienen un costo de capital inicial por unidad más bajo, su costo de generación de electricidad probablemente será sustancialmente más alto que el de los grandes reactores. Por otro lado, un SMR puede llevar electricidad a lugares en el mundo donde actualmente no hay, por el costo de distribución de las tecnologías existentes.

2. Proyecto CAREM Argentina

CAREM (Central Argentina de Elementos Modulares) es un proyecto coordinado por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de Argentina, con el propósito de: desarrollar, diseñar y construir este tipo de central nuclear, pequeña e innovadora, con



alta competitividad, económica y alto nivel de seguridad.

El reactor prototipo CAREM se está construyendo, utilizando tecnología nacional, al menos el 70% de los componentes y servicios relacionados para CAREM provienen de empresas argentinas.

No existe antecedente en el mundo de esta generación de reactores, actualmente unos pocos países se encuentran desarrollando este tipo de diseño, de los cuales uno es Argentina.

3. Aplicación de CAREM

CAREM está diseñado como una fuente de energía para el suministro eléctrico de regiones con demandas de consumo relativamente pequeñas. La aplicación de CAREM, tanto nacional como para exportación, es abastecer a regiones aisladas o alejadas, que por cuya cantidad de habitantes, el transporte de la energía se vea imposibilitado y/o encarezca sensiblemente el costo de la electricidad. También es importante, al ser los módulos pequeños, se facilita la instalación en la red de lugares muy remotos permitiendo balancearla.

CAREM está diseñado para poder aprovechar la energía térmica de baja calidad, pudiéndose realizar una integración energética con una planta de desalinización de agua, y así lograr suministrar, a regiones que se encuentren en zonas costeras, agua potable además de energía eléctrica.

El prototipo CAREM25 podrá suministrar 32MW eléctricos a la red, se traduce a una capacidad de abastecer el consumo de energía eléctrica de una ciudad de 120.000 habitantes (una población un poco más grande que la ciudad de Zarate, Buenos Aires).

El CAREM comercial, CAREM480, tiene por objetivo poder suministrar 480 MW a la red, conformado por cuatro módulos de 120MW.

Con este proyecto Argentina intenta repetir el éxito que ha obtenido exportando reactores de investigación y consolidarse como referente internacional de reactores del tipo SMR.

4. Características generales – Prototipo CAREM25

Núcleo - El combustible es 1.8% - 3.1% de UO₂ enriquecido.

Refrigerante y moderador: agua liviana

Tipo de reactor: PWR (reactor de agua presurizado) integrado

Contención del tipo de supresión de presión.

Potencia térmica/ eléctrica: 100 MW / 25 MW

Para el CAREM480, los módulos comerciales presentan características a su escala.

5. Diseño CAREM

CAREM es un reactor nuclear con un diseño totalmente innovador. A continuación, se nombran las principales características que lo distinguen de las generaciones de reactores ya existentes:

- **Reactor de circuito primario integrado**
 - El circuito primario de presión, en su completitud, parte de los generadores de vapor, los mecanismos de control y ajuste de reactividad, y el domo de presión se encuentran dentro del recipiente de presión (vasija). Esto minimiza el accidente de pérdida de refrigerante (LOCA, Loss of Coolant Accident) que típicamente se postula en la base de diseño de centrales nucleares. También se elimina el evento de inserción de reactividad positiva producido por la eyección de una barra de control dado que los mecanismos de control se encuentran dentro del recipiente de presión.
- **Refrigeración por circulación natural**
 - El refrigerante circula por convección natural, eliminando la necesidad de bombas de circuito primario. Esto logra una reducción significativa de cañerías y otras conexiones hacia el exterior de la vasija, en consecuencia, minimiza la posibilidad de ocurrencia del LOCA o falta de refrigeración por falla de bombas (esto último es parte del accidente ocurrido en Three Miles Island). La circulación natural del refrigerante primario se induce ubicando con diferencia de altura a la “fuente caliente” (el núcleo) y la “fuente fría” (los generadores de vapor), tal que el agua sube al calentarse en el núcleo y desciende al enfriarse (tras entregar su calor a lo largo del generador de vapor).
- **Autopresurizado** - La presurización del circuito primario se logra de forma autopresurizada, equilibrando la producción de vapor y la de fase líquida dentro de la vasija, sin la necesidad de requerir un recipiente presurizador por separado. Nuevamente eliminando de la base de diseño este típico accidente relacionado

al presurizador externo que se postula en otras centrales nucleares.

- **Sistemas de seguridad pasivos**, es decir se cumplen las funciones de seguridad sin suministros de energía o necesidad de acciones humanas, en otros casos se utiliza energía almacenada, dado que están diseñados en base a fenómenos que se dan naturalmente, como por ejemplo caída por gravedad.

Cabe destacar que el diseño de CAREM cuenta con componentes totalmente originales, como lo son el sistema de control y ajuste de reactividad (se reemplazan las típicas barras de control por mecanismos hidráulicos) y los generadores de vapor son de forma helicoidal. El circuito secundario del CAREM es convencional.

En la ilustración 1, se muestra la comparación de un reactor PWR clásico y CAREM.

6. Breve descripción de las principales características de seguridad nuclear

CAREM cuenta con un principio de defensa en profundidad (diferentes niveles de seguridad, cuando falla una función en un nivel, se tiene otro nivel que realizará tal función) de

cinco niveles totalmente diseñado por los especialistas de Seguridad Nuclear de CNEA.

- En el primer nivel se realizan las funciones de operación normal, por diseño, ya basadas en la eliminación de ciertos eventos iniciantes al ser un reactor integrado y de circulación natural. Además, que cuenta con componentes de alta calidad (calidad nuclear), que garantizan la producción de energía segura.
- En el segundo nivel, los sistemas de procesos que operan durante la operación normal están diseñados para que, en caso de producirse incidentes o determinado tipo de eventos, puedan ser controlados en este nivel.
- El tercer nivel, tiene diferentes etapas.
 - En caso de suceder un evento de falla, el CAREM cuenta con los sistemas de seguridad: primer sistema de extinción, de eliminación de calor residual, y de inyección de agua a baja presión. La característica innovadora es que éstos tienen un principio de funcionamiento pasivo y tienen la capacidad de extraer el calor de decaimiento del reactor durante un periodo de gracia de 36 horas. En esta etapa el sumidero de

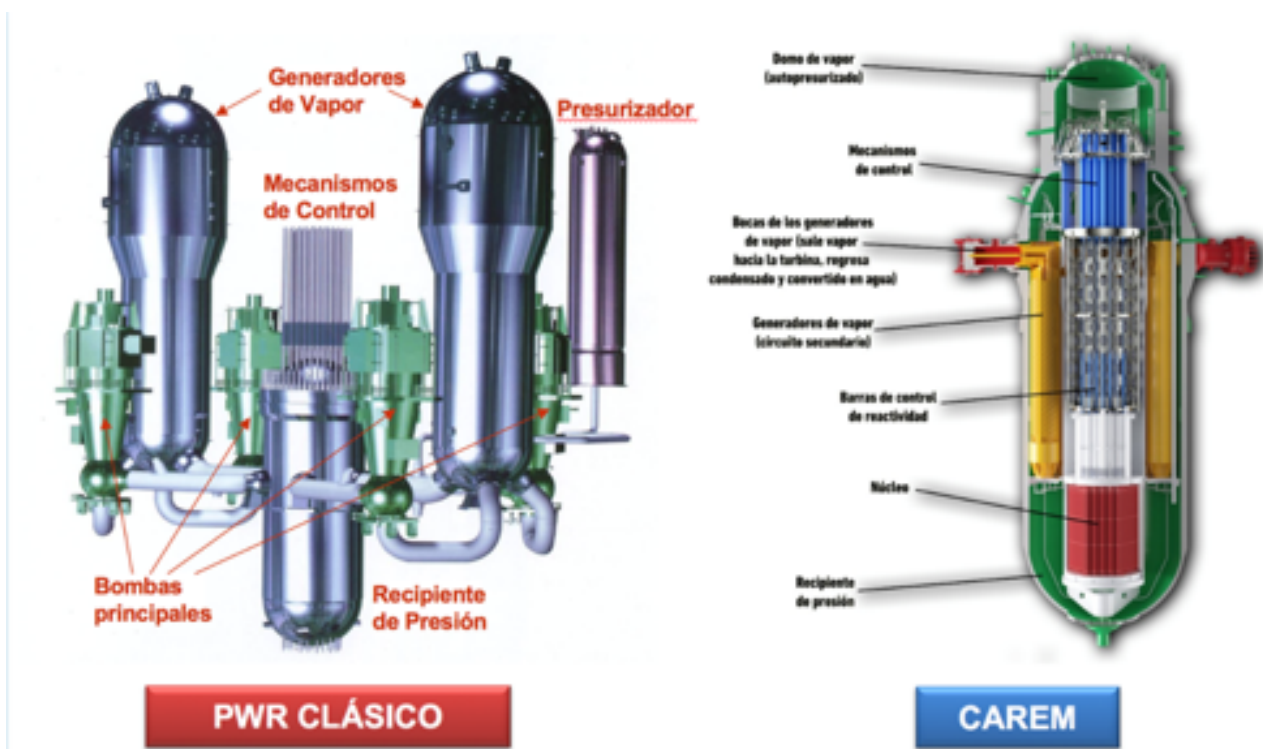


Ilustración 1. Comparación de reactor PWR clásico y CAREM

calor es la contención (del tipo de supresión de presión), por lo tanto, al ser éste interno se encuentra protegido de eventos externos, evitándose así también la pérdida del sumidero a raíz de inundación, misil, etc.

- Ante la falla de un sistema de seguridad, falla múltiple, se cuenta con sistemas diversos (realizan igual función con un principio fenomenológico distinto al sistema que ha fallado, para CAREM también pasivos), los cuales son: el segundo sistema de extinción, y las válvulas de seguridad y despresurización de la vasija.
- Luego del periodo de gracia se inicia la etapa de refrigeración (inyección de inventario refrigerante y/o extracción de calor) con sistemas activos (requieren de suministro de energía) para los cuales se cuenta con fuente de energía eléctrica independiente, dos motores diésel redundantes.
- En caso de falla de los sistemas activos, se cuenta con sistemas externos y autónomos que pueden lograr tal refrigeración. Los mismos se encuentran fuera del edificio, tienen su propia fuente de energía y están diseñados para conectarse a diferentes fuentes de agua como por ejemplo una autobomba.
- El cuarto nivel, un escenario de muy baja probabilidad, es la falla de algún o varios de todos los sistemas mencionados anteriormente, para ello se tienen los sistemas de gestión de accidente severo. Se cuenta con sistemas externos y autónomos para la refrigeración de la vasija y la contención, recombinadores de hidrógeno en la contención, un sistema para alcalinización de la pileta supresora para lograr tanto como sea posible la retención de material radiactivo, y como última instancia el venteo de la contención para la descarga programada de material radiactivo con el fin de evitar la escalada del accidente (se evita dañar la contención y con ello la liberación descontrolada del material radiactivo). Cabe destacar que el venteo de la contención específicamente está diseñado para hacerse desde la atmósfera de la pileta supresora, tal que la misma actúa como filtro, lográndose un venteo filtrado. Esto reduce significativamente la descarga de materia radiactiva. En Fukushima,

cuando se realizó esta operación en la Unidad 2, se consideró que fue un éxito por la baja descarga de radiación lograda en tal escenario.

- El quinto nivel, un escenario de probabilidad extremadamente baja, es la mitigación del accidente severo y se relaciona a procedimientos fuera de sitio, como evacuación de la población aledaña.

La pileta de elementos combustibles irradiados de CAREM cuenta con un diseño de seguridad similar al descrito para la vasija, es decir, en caso de falla de un nivel de funciones, se tiene otro nivel para suplantar la función requerida.

Cabe mencionar que la seguridad nuclear de CAREM está basada en el estado del arte de la tendencia internacional y con las lecciones aprendidas post Fukushima Daiichi y obviamente bajo la normativa argentina.

Los sistemas: de seguridad, su línea diversa, los activos, los autónomos, y de gestión de accidente severo, se encuentran diseñados bajo los criterios de diseño (según corresponda) de redundancia, independencia, segregación, diversidad, falla a favor de la seguridad, falla única, entre otros.

7. Cómo es trabajar en el Proyecto CAREM

Uno de los objetivos del vector sistema nuclear es acercar la industria nuclear a los estudiantes y profesionales de nuestra Universidad, y en particular de nuestra Facultad de Ingeniería; para contribuir a ese objetivo en este apartado se intenta mostrar lo que implica desempeñarse en esta industria, por ejemplo en un proyecto de gran envergadura como lo es el diseño de ingeniería y construcción de un reactor nuclear SMR.

Para diseñar una central nuclear de potencia, se requiere realizar el diseño de la planta industrial (todo lo convencional que puede implicar a una industria de procesos y de producción de energía eléctrica) y el diseño específico de la industria nuclear con el agregado de las características innovadoras de CAREM. Esto implica una gran estructura multidisciplinaria de Proyecto de Ingeniería, que requiere de planeamiento de objetivos, cronograma, y capital intelectual para que cada disciplina: desarrolle, diseñe, ejecute, innove, especifique, compre, inspeccione en obra... entre muchas otras actividades.

Dentro de la estructura del Proyecto CAREM hay diferentes áreas técnicas que interactúan entre sí para lograr un diseño, además de interactuar con otros grupos especialistas de CNEA, universidades y proveedores externos de renombre nacionales como internacionales. A continuación, se mencionan algunas de las diferentes áreas técnicas del Proyecto CAREM y cómo está compuesto su grupo de ingeniería, además de describir brevemente actividades que se llevan a cabo día a día.

- **Civil:** Diseño estructural del edificio de contención, nuclear, de oficinas, de turbina, etc. Mayormente compuesto por ingenieros civiles y arquitectos.
- **Electricidad:** Diseño de los diferentes tipos de suministros eléctricos para los sistemas de seguridad y convencionales (cableado, tableros, motores diésel, conexión a la red para distribución de energía, etc.). Mayormente compuesto por ingenieros electromecánicos y eléctricos.

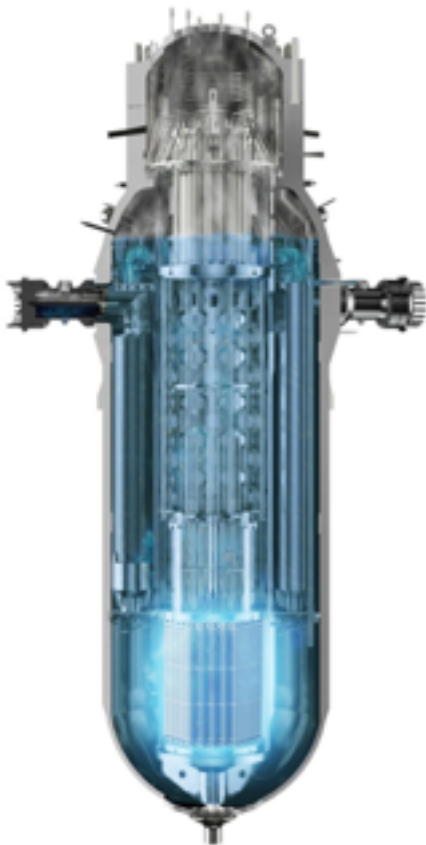


Ilustración 2. Recipiente de Presión del reactor CAREM25. Diseño 3D.

- **Procesos:** Diseño de los sistemas de procesos, tanto para el reactor como para la piletta de elementos combustibles irradiados (de seguridad, diversos, autónomos, auxiliares o de soporte, de acondicionamiento de agua, de tratamiento para descargas líquidas y gaseosas, etc.). Mayormente compuesto por ingenieros químicos.
- **Mecánica:** Diseño mecánico, desde el recipiente de presión (la vasija y sus internos), los generadores de vapor, los equipos y cañerías de los diferentes sistemas de procesos, etc. Mayormente compuesto por ingenieros mecánicos y químicos.
- **HVAC:** Diseñan el acondicionamiento del aire de la contención y del edificio nuclear, como ser los ductos y equipos que recorren todo el edificio para generar las condiciones ambientales adecuadas y confinamiento dinámico (depresión entre locales para contener material radiactivo del lado de menor presión). Mayormente compuesto por ingenieros mecánicos.
- **Layout:** Integran toda la información de las diferentes áreas técnicas para ubicar, respetando los diferentes criterios y normativas de cada especialidad en planos de distribución de todas las estructuras y componentes, así también en una maqueta electrónica dónde se puede ver la planta en 3D. Mayormente compuesto por ingenieros mecánicos.

Se destacan las siguientes áreas técnicas de ingeniería, que son propias de la industria nuclear:

- **Seguridad Nuclear:** Diseñaron el principio de defensa en profundidad del CAREM, los criterios de diseño de cada sistema de seguridad, el monitoreo de tales sistemas de seguridad, realizan análisis y cálculos probabilísticos de la ocurrencia de falla de un evento, simulaciones dinámicas de los eventos de falla postulados en los análisis determinísticos, el diseño de la gestión de un accidente severo, entre muchas otras. Mayormente son ingenieros nucleares y químicos.
- **Protección Radiológica:** el área tiene como fin proteger a los trabajadores, al público y medioambiente de las radiaciones ionizantes. Este área diseña las medidas para incluir en los sistemas de procesos,

para realizar monitoreo de radiación (en el edificio nuclear, contención, descargas al medioambiente, en el sitio), etc. En el grupo hay ingenieros químicos y electrónicos.

- **Licenciamiento:** Todo el proceso de diseño va acompañado de interacción continua con la Autoridad Regulatoria Nuclear para demostrar el cumplimiento de la normativa e ir aprobando el diseño. Una de las actividades es realizar el informe de diseño del Proyecto CAREM e interactuar con los reguladores para licenciar la central nuclear. En el grupo hay un ingeniero en aeronáutica graduado de la *Carrera de Especialización en Aplicaciones Tecnológicas de la Energía Nuclear*, CEATEN, dictada en FIUBA, e ingenieros químicos.
- **Circuitos para ensayos de componentes:** Dado los componentes innovadores y originales de CAREM, como por ejemplo los mecanismos hidráulicos, se tiene un circuito de alta presión para probar este mecanismo (en sí el circuito es una planta de procesos). En el grupo participan ingenieros mecánicos y químicos.

Se podría continuar mencionando otras áreas relacionadas a trabajos de ingeniería en el Proyecto, pero no amerita describirlas ya que sus nombres explicitan sus tareas; son por ejemplo las relacionadas a la obra, a la oficina técnica de ingeniería, topografía, seguridad e higiene y medioambiente, robótica, instrumentación y cableado, control, termohidráulica, planificación, calidad, entre otras.

Actualmente la estructura de la Gerencia CAREM cuenta con 257 personas, de los cuales son 89 ingenieros; sus títulos, tanto de ingeniero/a y/o magister en ingeniería son: nuclear, mecánico, electromecánico, informática, químicos, alimentos, industrial, electrónica, civil, electricista, electrónico, sistemas de información, aeronáutico, materiales, automatización y control industrial, y matemática. Este es personal exclusivo de CAREM.

Además se suman los grupos de CNEA que realizan tareas en colaboración o de forma transversal con especialistas exclusivamente dedicados a CAREM (como ser Termohidráulica y Neutrónica), como así también los proveedores externos de renombre.



Ilustración 3. Recipiente de Presión del Reactor CAREM25 – Construcción IMPSA Argentina.

8. Estado de avance del Proyecto prototipo CAREM25

El estado de avance físico acumulado (%) del Proyecto Prototipo CAREM25 se resume en:

Fases	Avance físico acumulado (%)
Instalaciones de CNEA	100,00%
Preparación del sitio	100,00%
Ingeniería	91,40%
Suministros	54,45%
Construcción	68,58%
Montaje electromecánico	0,61%
Puesta en marcha	0%
TOTAL	57,61%

Para tomar dimensión de este proyecto, se muestran imágenes del avance que han logrado todos los que componen la estructura organizacional, dentro de la cual están nuestros colegas de ingeniería provenientes de todas universidades del país y de los Institutos de CNEA: *Balseiro, Sábato y Dan Beninson.*

9. Predio CAREM

La construcción del prototipo CAREM se desarrolla en un predio propiedad de la CNEA ubicado en las afueras de Lima (partido de Zárate, provincia de Buenos Aires), y que forma parte del área conocida como "Complejo Nuclear Atucha", donde ya se encuentran las centrales Atucha I y II.

Dicho predio (ubicado a pocos metros del río Paraná de las Palmas) fue el sitio de emplazamiento de la ex Planta Experimental de Agua Pesada (PEAP), una instalación prototipo que la CNEA había desarrollado entre fines de la década de 1970 y principios de los '80.

Este sitio fue reciclado y acondicionado para ser, además del lugar de emplazamiento del prototipo, también un virtual centro atómico con laboratorios, aulas de capacitación, un simulador de entrenamiento para operadores de centrales nucleares, entre otras actividades que generarán un ámbito propicio

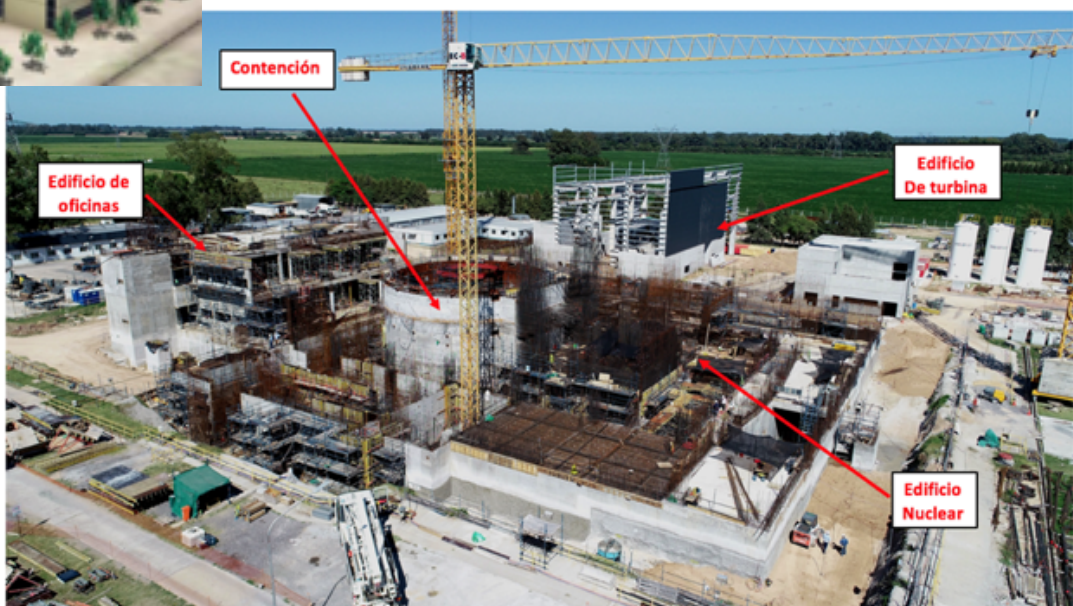


Ilustración 4. Predio Proyecto Prototipo CAREM 25 – Lima – Zárate, Buenos Aires, Argentina.

En la ingeniería de construcción han participado empresas como Techint y Nucleoeléctrica Argentina SA. En la construcción del liner ha participado CONUAR.

para el desarrollo de las futuras centrales CAREM, para la formación y capacitación de profesionales nucleares; y para fomentar y acompañar el desarrollo económico y social del área de influencia.

Si bien es práctica habitual de la CNEA recibir algunos grupos de visitantes en el sitio de emplazamiento del CAREM25, en la actualidad las visitas se encuentran suspendidas por la pandemia, sin que exista aún una fecha concreta para retomarlas.

De todas formas, cualquier consulta en

relación a las visitas debe ser canalizada a través de la casilla

proyectocarem@cnea.gov.ar

10. Información institucional CAREM

- **Página web de CNEA:** [acceso](#)
- **Micrositio CAREM:** [acceso](#)
- **Canal YouTube CNEA:** [acceso](#)
- **Videos CAREM:** [acceso](#)

Agradecimientos

El equipo del vector *Sistema Nuclear* agradece la excelente predisposición, por compartir información para divulgación y revisar los contenidos de la presente gacetilla a:

- Dr. Ing. Darío Delmastro, *Gerente de Ingeniería y Módulos de Potencias Mayores del Proyecto CAREM* de CNEA
- Sr. Luciano Turina, *Jefe de Sección Relaciones con la Comunidad de la Gerencia de Área CAREM*, CNEA





CAREM: **Central Argentina** **de Elementos Modulares**

16/03/21



PROYECTO **VECTORES**

Sistema Nuclear