

**SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA**

**Scouting de Oportunidades de Robotización en Procesos de Operación y  
Mantenimiento en Centrales de Generación de Energía Eléctrica**

**Modalidad: Práctica Empresarial**

**Cristian Alberto Ardila Peñuela**

**Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Electrónico**

**Director**

**Said David Pertuz Arroyo**

**Ingeniero Electrónico – PhD**

**Tutor**

**Alex Gabriel Barraza Moreno**

**Ingeniero Eléctrico**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de ingenierías Físico – mecánicas**

**Escuela de ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**

**Ingeniería electrónica**

**Bucaramanga**

**2023**

## **Agradecimientos**

Agradecer en primera instancia a Dios y a mis padres por su constante apoyo, paciencia, sacrificio y confianza en este largo camino, a la universidad por brindarme las herramientas y oportunidades necesarias para mi desarrollo como profesional. Agradezco a los docentes de la Universidad Industrial de Santander por su continua dedicación e interés en siempre brindar a los estudiantes el conocimiento necesario para enfrentar y solucionar problemáticas que se presentan en nuestro hacer personal y laboral.

Finalmente agradecer a la empresa Enel Colombia, a mis jefes de área y equipo, por la oportunidad, confianza, enseñanzas y el compromiso brindado durante mi tiempo como practicante en el área de Riesgos Industriales y Mejoras Tecnológicas Transversal y Soporte técnico eléctrico, instrumentación y control, generando en mi ese ideal de innovar y de crecimiento a nivel profesional y personal, la cual me ha llevado a ser aceptado como ingeniero junior del programa Joven Talento de la compañía.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	13
1. Planteamiento y Justificación del Problema.....	14
2. Objetivos.....	15
2.1. Objetivo General.....	15
2.2. Objetivos Específicos .....	15
3. Marco Teórico .....	16
3.1. Fuentes de Generación Eléctrica .....	16
3.2. Generación Energía Hidráulica .....	16
3.3. Generación Energía Térmica.....	22
3.4. Generación Energía Solar .....	28
3.5. Generación Energía Eólica .....	33
3.6. Elementos Generales .....	34
3.7. Procesos de Operación y Mantenimiento .....	36
4. Diseño Instrumento de Decisión.....	37
5. Soluciones Robotizadas Encontradas en el Mercado Internacional y Evaluación .....	41
5.1. Vehículos Aéreos No Tripulados de Interiores .....	41
5.2. Vehículos Operados Remotamente (ROV) .....	42
5.3. Smartglasses .....	42
5.4. Robots Cuadrúpedos.....	43
6. Conclusiones.....	44
Referencias Bibliográficas.....	45
Apéndices .....	50

**Lista de Tablas**

Tabla 1. <i>Valores de frecuencia aceptable para Colombia.</i> .....	31
Tabla 2. <i>Valores de referencia de THD Colombia.</i> .....	31
Tabla 3. <i>Valores límites de distorsión de corriente TDD para sistemas desde 120 V hasta 69 kV Colombia.</i> .....	32

**Lista de Figuras**

Figura 1. <i>Desafíos que impacta el Scouting de robotización.</i> .....	15
Figura 2. <i>Partes y proceso de generación de energía eléctrica planta hidráulica Paraíso.</i> 17	
Figura 3. <i>Diagrama y partes que componen la cámara de carga.</i> .....	19
Figura 4. <i>Tubería forzada central Paraíso.</i> .....	20
Figura 5. <i>Turbina pelton vertical y turbina pelton horizontal.</i> .....	21
Figura 6. <i>Turbina francis.</i> .....	21
Figura 7. <i>Turbina Kaplan.</i> .....	22
Figura 8. <i>Generador eléctrico: Rotor central de generación Charquito.</i> .....	22
Figura 9. <i>Proceso de generación en una central térmica mediante el uso de carbón como combustible.</i> .....	23
Figura 10. <i>Proceso de generación en una central térmica no convencional.</i> .....	24
Figura 11. <i>Caldera de vapor pirotubular y acuotubular.</i> .....	25
Figura 12. <i>Caldera de vapor recuperadora de calor.</i> .....	26
Figura 13. <i>Turbina de vapor industrial y forma aerodinámica de los alabes.</i> .....	27
Figura 14. <i>Condensador industrial y diagrama para la condensación del vapor.</i> .....	28
Figura 15. <i>Central de generación de energía solar Rubí a cargo de Enel Green Power.</i> ...	29
Figura 16. <i>Plano eléctrico cabinas marca FIMER.</i> .....	32
Figura 17. <i>Diagrama generación de energía eólica.</i> .....	33
Figura 18. <i>Áreas de ingeniería que intervienen en los procesos de mantenimiento.</i> .....	36

## Lista de Apéndices

Apéndice A. Procesos de operación y mantenimiento central de generación hidroeléctrica	50
Apéndice B. Procesos de operación y mantenimiento central de generación térmica .....	52
Apéndice C. Procesos de operación y mantenimiento central de generación solar .....	57
Apéndice D. Procesos de operación y mantenimiento central de generación eólica .....	58
Apéndice E. Procesos de operación y mantenimiento generales en centrales de generación eléctrica.....	60
Apéndice F. Ficha técnica Elios Flyability 2.....	61
Apéndice G. Ficha técnica Elios Flyability 3 .....	61
Apéndice H. Ficha técnica Asio Flybotix.....	62
Apéndice I. Ficha técnica BlueROV2 .....	62
Apéndice J. Ficha técnica Revolution ROV .....	63
Apéndice K. Ficha técnica PRO 4 Plus ROV.....	64
Apéndice L. Ficha técnica Realwear Navigator 500 .....	64
Apéndice M. Ficha técnica Oculus Quest 2 .....	65
Apéndice N. Ficha técnica Hololens 2 .....	66
Apéndice O. Ficha técnica ANYmal .....	67
Apéndice P. Ficha técnica SPOT.....	67
Apéndice Q. Evaluación instrumento de decisión drone de interiores.....	68
Apéndice R. Evaluación instrumento de decisión ROV.....	69
Apéndice S. Evaluación instrumento de decisión Smartglasses.....	69
Apéndice T. Evaluación instrumento de decisión robot cuadrúpedo .....	70

## Resumen

**Título:** Scouting<sup>1</sup> de Oportunidades de Robotización en Procesos de Operación y Mantenimiento en Centrales de Generación de Energía Eléctrica.

**Autor:** Cristian Alberto Ardila Peñuela.

**Palabras Clave:** Scouting, robotización, energía.

**Descripción:** Este proyecto -como modalidad de práctica empresarial- está encaminado en diseñar un instrumento de decisión para la elección y evaluación de tecnologías disruptivas actualmente disponibles en el mercado, mediante un estudio y análisis que concilie las necesidades de la compañía, de tal forma que permita formular un concepto y recomendaciones para la adopción de estas, en los procesos y actividades de generación eléctrica, logrando un impacto positivo en desafíos como: desarrollo organizacional, relaciones comunitarias, medio ambiente, operaciones, productividad, seguridad y salud de los trabajadores. Ver figura 1.

---

<sup>1</sup> Scouting: Búsqueda, exploración.

**Abstract**

**Title:** Scouting of Opportunities for Robotization in Operation and Maintenance Processes in Electric Power Generation Plants.

**Author:** Cristian Alberto Ardila Peñuela.

**Key Words:** Scouting, robotization, energy.

**Description:** This project -as a modality of business practice- is aimed at designing a decision instrument for the choice and evaluation of disruptive technologies currently available in the market, through a study and analysis that reconciles the needs of the company, in such a way that it allows formulating a concept and recommendations for the adoption of these, in the processes and activities of electricity generation, achieving a positive impact on challenges such as: organizational development, community relations, environment, operations, productivity, safety and health of workers. See figure 1.

## Glosario

**Aeronave pilotada a distancia – RPA (Remotely Pilot Aircraft):** Aeronave no tripulada desde una estación de pilotaje a distancia.

**Ciclo de Brayton:** Consiste en dar presión al aire para luego calentarlo a base de quemar combustible.

**Ciclo de Rankine:** Consiste en calentar agua en una caldera hasta evaporarla y elevar la presión del vapor.

**Cimentación:** Consiste en poder transmitir cargas estructurales al suelo distribuyéndolas de forma equitativas buscando un asentamiento resistente.

**Dovela:** Estructura de forma radial, un claro ejemplo del uso de estas es el caso de las estructuras curvas en la construcción de túneles.

**Drone:** Expresión genérica para referirse, indiferentemente, a cualquier aeronave no tripulada o remotamente pilotada.

**Explorador UAS:** Persona natural o jurídica que, en calidad de propietario, opera aeronaves no tripuladas.

**Golpe de ariete:** Aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería.

**Julio:** Unidad de medición energética definida como el trabajo necesario para producir un watt de potencia por un segundo.

**KPI energético:** Indicadores clave de rendimiento relativos a una empresa que trabaja en el sector energético: por ejemplo, la producción de electricidad, la emisión de dióxido de carbono, el porcentaje de electricidad generada por fuentes renovables, los consumos internos de energía y agua.

**Mantenimiento:** Actividad la cual cada una de sus acciones tiene como objetivo preservar, mantener o reparar algún elemento funcional para que pueda cumplir sus funciones de forma eficiente.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

**Operación:** Actividad o grupo de actividades que requieren la supervisión e intervención de personal para mitigar fallas y supervisar la operatividad de los equipos.

**Operación autónoma:** Una operación durante la cual un dispositivo se desplaza sin intervención de un operador en la gestión de su funcionamiento.

**Soiling:** Efecto de ensuciamiento en los paneles solares, producido especialmente por partículas de polvo.

**Tecnologías disruptivas:** Es cualquier tecnología o innovación que llega para mejorar o sustituir una tecnología que ya estaba establecida, originando y causando una nueva forma y cambio profundo en los procesos.

**THD (Total Harmonic Distortion):** Es una medida de la distorsión armónica presente en un sistema.

**Tracker:** Dispositivo mecánico-automático diseñado para orientar un panel fotovoltaico hacia los rayos del sol según la hora.

## **Acrónimos**

AAAE: Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado.

AEROCIVIL: Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

AC: Alternating Current.

AGC: Automatic Gain Control.

BESS: Battery Energy Storage System.

DC: Direct Current.

EETT: Especificaciones técnicas.

HSRG: Heat Recovery Steam Generator.

HSEQ: Health, Safety, Environment and Quality.

IoT: Internet of Things.

KPI: Key Performance Indicator.

NTC: Norma Técnica Complementaria.

O&M: Operación y Mantenimiento.

PLC: Programmable Logic Controller.

PV: Célula Fotovoltaica.

PVA: Power Virtual Agents.

ROV: Vehículo Operado Remotamente.

RPA: Robotic Process Automation.

RPAS: Remote pilot Aircraft System.

RV: Realidad Virtual.

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

SF6: Hexafluoruro de Azufre.

SG: Smartglasses.

UAV: Vehículo aéreo no tripulado.

USV: Vehículo de superficie no tripulado.

VAC: Voltaje de Corriente Alterna.

VDC: Voltaje de Corriente Directa.

## Introducción

Desde el inicio de la prestación del servicio de energía eléctrica a finales del siglo XIX en Colombia, se ha estado viviendo una revolución industrial constante. Sin embargo, estos 2 últimos años se ha visto reflejado un uso desmesurado en la industria de tecnologías nuevas como lo son, computación en la nube, *big data*, *IoT*, inteligencia artificial, robótica, *blockchain*, automatización digital, entre otras.

En el sector energético, las inversiones en estas tecnologías disruptivas desde pandemia (*SARS-CoV-2*) permitieron que la operación y mantenimiento (O&M) de infraestructura continuara y se brindara un servicio de calidad manteniendo la seguridad de los trabajadores. La recopilación de grandes cantidades de datos a través de los diferentes procesos de digitalización y automatización más el uso de inteligencia artificial han ayudado a mejorar la planificación de los sistemas de energía y reducir el costo de los procesos de O&M a través de la analítica de datos. También mejoran la transparencia, la trazabilidad, eficiencia, fiabilidad, confiabilidad y el consumo de energía. Sin embargo, el crecimiento exponencial la robótica y nuevas tecnologías han llevado a que se tengan que concebir el uso de herramientas que brinden confianza y seguridad al ser adquiridos y formarlos parte del desarrollo de una empresa.

Es así, como el presente documento pretende mostrar inicialmente aquellos procesos críticos de operación y mantenimiento llevados a cabo en cada uno de los activos de las centrales de generación de energía eléctrica. Además, el diseño y aplicación de un instrumento de decisión para la evaluación de los diferentes equipos robotizados que ofrece el mercado internacional garantizando mediante un criterio y concepto técnico la mejor elección posible.

## 1. Planteamiento y Justificación del Problema

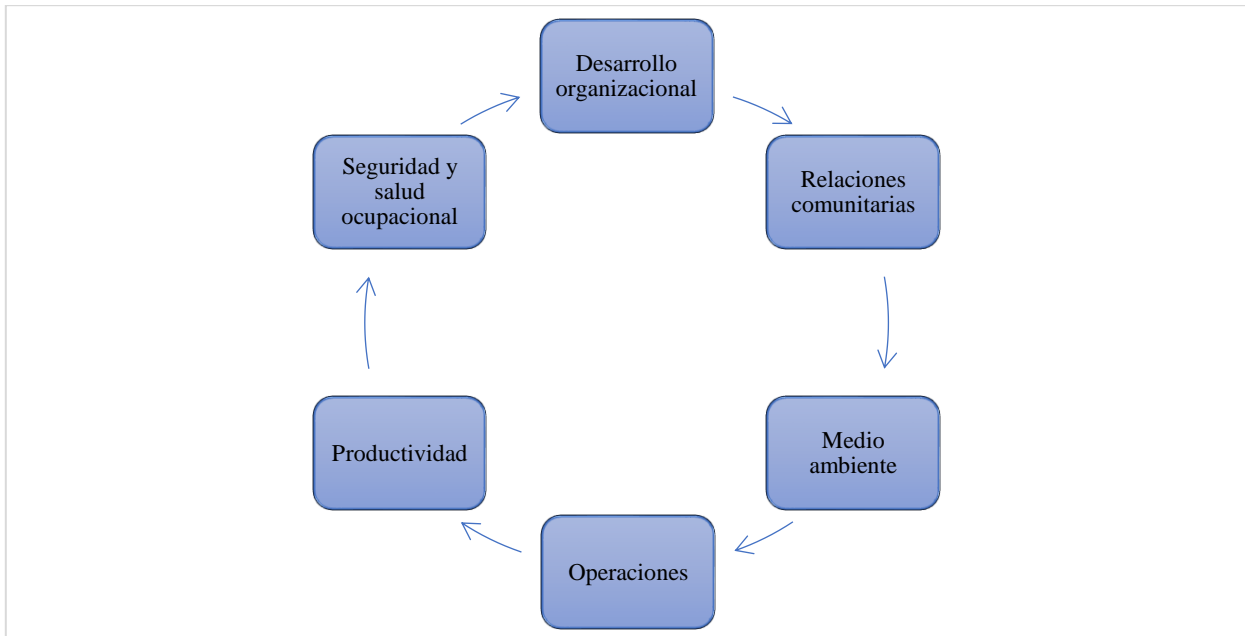
Alrededor del mundo se puede observar la necesidad de las organizaciones de buscar soluciones que contribuyan en la mejora de la productividad, contaminación ambiental y la seguridad de los trabajadores. Es notable que desde la pandemia por *SRAS-COV-2 (COVID-19)* esta necesidad ha ido en aumento debido al aislamiento preventivo en casa, en donde personal especializado no podía asistir y contribuir en la contención de incidentes y problemas presentados en campo debido a factores como edad, enfermedades crónicas o contagio, así como los requisitos de distanciamiento social, eventos en cadenas de suministro y nueva disposición de horarios.

Debido a esta problemática surge la necesidad de aprovechar tecnologías disruptivas mediante la implementación de la transformación digital en la Compañía. Concretamente tecnologías como la realidad virtual y aumentada, inteligencia artificial, análisis de *big data*, robots autónomos (*ROV, USV, UAV, etc.*) y tecnología de gemelos digitales que solventan esta transformación. “Sin embargo, no todas las tecnologías están bien implementadas debido a problemas de usabilidad, seguridad cibernética, precio y costo, y su confiabilidad. Por lo tanto, es necesario desarrollar una estrategia que se ajuste a las condiciones y requisitos de una central eléctrica específica” [1].

De modo que, para identificar y adoptar dichas tecnologías es necesario hacer un estudio que concilie las necesidades de la Compañía, con los requerimientos y especificaciones de cada alternativa tecnológica para así determinar su potencial de uso. Por este motivo este proyecto está encaminado en diseñar un instrumento de decisión que apoye a estudiar y evaluar nuevas formas de industrialización que sean sostenibles a futuro, promoviendo una mejor relación con el medio ambiente, sus trabajadores y en general de la comunidad.

# SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

**Figura 1.** Desafíos que impacta el Scouting de robotización.



Fuente: Elaboración propia del autor.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Diseñar un instrumento de decisión para la elección y evaluación de tecnologías disruptivas disponibles en el mercado internacional para robotizar procesos y actividades de generación de energía eléctrica.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Reconocer los procesos de operación y mantenimiento en las centrales de generación eléctrica.
- Explorar las diferentes soluciones robotizadas en el mercado internacional para aplicaciones industriales en centrales de generación eléctrica.
- Estudiar e identificar los requerimientos técnicos para la selección de sistemas robotizados en plantas de generación de energía eléctrica.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Diseñar un instrumento de decisión que incorpore criterios técnicos y científicos para la elección y evaluación de las tecnologías definidas.
- Aplicar el instrumento diseñado para generar un concepto sobre la adopción de las mejores soluciones aplicadas al proceso de generación de energía, prevaleciendo el concepto de costo - beneficio.

### 3. Marco Teórico

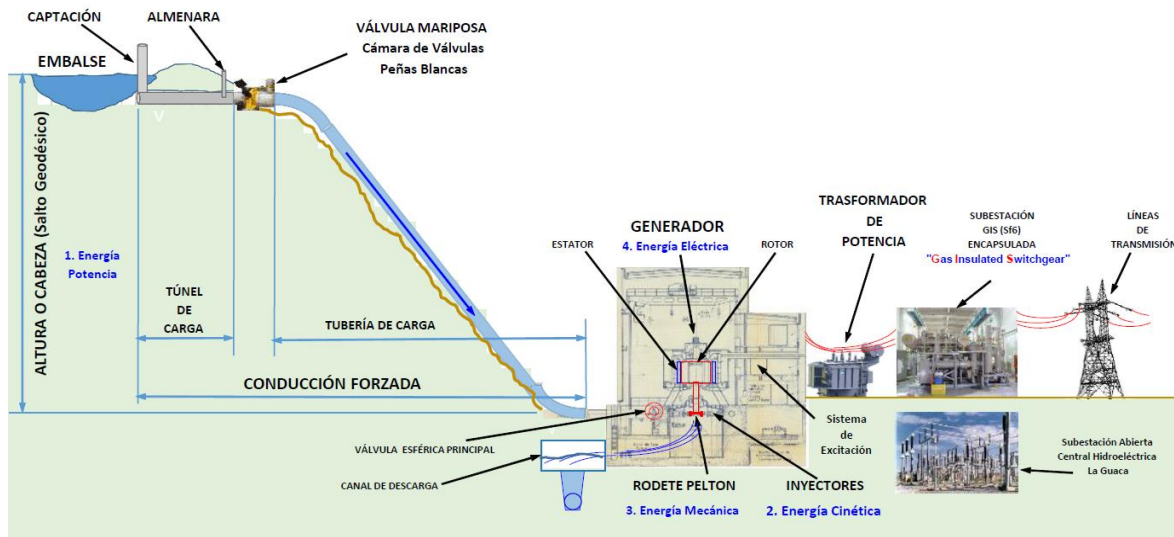
#### 3.1. Fuentes de Generación Eléctrica

- Fuentes de energía renovables:  
Son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales inagotables y generan electricidad sin contribuir al calentamiento global [3]. Entre las diferentes fuentes actuales podemos encontrar: Generación de energía hidráulica. generación de energía solar y generación de energía eólica.
- Fuentes de energía convencionales o no renovables:  
Las energías no renovables, son todo lo contrario a las energías renovables, esto es debido a que su producción tiene una alta contaminación, ya que contiene combustibles fósiles como, el petróleo, carbón y gas natural, es así como se puede destacar la generación de energía térmica.

#### 3.2. Generación Energía Hidráulica

En general estas centrales aprovechan la energía potencial gravitatoria que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como “Salto geodésico”. En su caída entre dos niveles del cauce, se hace pasar el agua por una turbina hidráulica que transmite energía cinética y mecánica a un generador eléctrico donde se transformará en energía eléctrica. Ver figura 2.

Figura 2. Partes y proceso de generación de energía eléctrica planta hidráulica Paraíso.



Fuente: Enel Green Power. Imagen de uso autorizado.

Mediante la siguiente fórmula se puede determinar la potencia instalada en la central hidroeléctrica:

$$P_{inst} = \gamma \cdot Q_e \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}$$

Donde,  $P_{inst}$ , Potencia instalada o potencia útil nominal [kW];  $\gamma$ , Peso específico del agua ( $\sim 9.81 \text{ kN/m}^3$ );  $Q_e$ , Caudal de equipamiento [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];  $H_n$ , Salto neto [m];  $\eta_t$ , Rendimiento de la turbina;  $\eta_m$ , Rendimiento del multiplicador;  $\eta_g$ , Rendimiento del generador;  $\eta_{tr}$ , Rendimiento del transformador.

### 3.2.1. Clasificación de las centrales hidroeléctricas

- **Centrales de embalse**

En este caso, se utiliza un embalse aguas arriba de casa de máquinas, esta presa puede ser natural (lago o laguna), o una construcción mediante un dique. El agua se transporta mediante una tubería hacia las turbinas generando la energía mecánica para convertirla luego en energía eléctrica.

- **Centrales de agua Fluyente**

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

Este tipo de central aprovecha y depende de la velocidad del caudal del río por desnivel, mediante un túnel de derivación y una configuración de dos niveles llamado “salto”.

- **Centrales de bombeo**

Se componen de dos embalses, uno aguas abajo y otro aguas arriba, esta dinámica hace que en el momento que se tenga una menor demanda de caudal o una mayor solitud energética, mediante una estación de bombeo se realice un ciclo cerrado entre estas dos presas.

### *3.2.2. Elementos de una central hidroeléctrica*

#### **Activos civiles:**

- **Embalse**

Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por la construcción de una presa sobre el lecho de un río o arroyo, la cual cierra parcial o totalmente su cauce.

- **Dique / Presa**

Es una barrera construida con hormigón, que se levanta en una estrechamiento del cauce de un río (Río Cauca, Río Sogamoso, Río Bogotá, etc.).

Las presas tienen un doble propósito:

- La creación de un salto, cuanto mayor sea la altura de éste, superiores serán las potencias logradas en la central nutrida por dicho salto.
- La construcción de un depósito con el fin de almacenar y controlar el empleo del agua [4].

- **Compuertas**

Es un componente basado en la filosofía de una puerta, capacitado para detener, permitir el libre paso, o regular las masas de agua que se aproximan a una abertura, sumergida o no, o que transitan por un conducto abierto o cerrado.

- **Vertedero / rebosadero**

Los rebosaderos son componentes que permiten liberar agua almacenada sin que estas pasen por la turbina.

- **Bocatoma**

Zona donde se capta el agua para el accionamiento de las turbinas. Las aperturas por donde entra el agua están protegidas para evitar que pasen a la turbina cuerpos en suspensión o flotación (limpieza periódica de rejillas).

- **Canal de derivación**

Los canales son conductos abiertos, en los cuales el tránsito del agua se produce por la existencia de leves desniveles. La función de los canales de derivación es conducir el agua desde la toma, ubicada en el embalse, hasta los depósitos de carga.

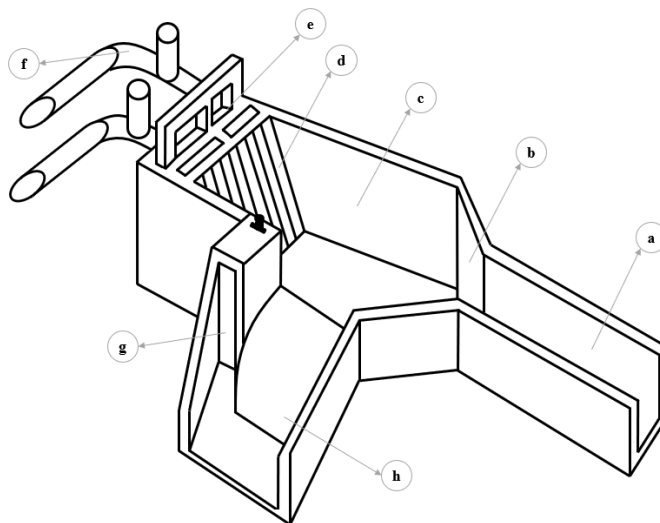
- **Túneles y galerías de conducción**

Constituyen conductos cerrados subterráneos. Cumplen la misma función que los canales, con la diferencia que el agua llega hasta el área de conexión con las tuberías forzadas, a régimen forzado. La diferencia entre los túneles y las galerías radican en la forma y dimensiones de sus secciones, las cuales son mayores en el caso de los túneles y en el caso de presión de agua, en túneles, el agua se desplaza por el propio desnivel del terreno mientras que en la galerías esta es conducida a presión.

- **Cámara de carga**

La cámara de carga es una estructura hidráulica que se construye generalmente entre el final de un conducto libre y la iniciación de la tubería de presión. Ver figura 3.

**Figura 3.** Diagrama y partes que componen la cámara de carga.



- a. Canal, para conducir el agua.
- b. Transición, entre el canal y la cámara de carga.
- c. Reservorio, con capacidad suficiente para garantizar la partida o parada brusca de las turbinas.
- d. Rejilla, evita la entrada de elementos sólidos flotantes.
- e. Compuerta, cierra el paso del agua.
- f. Tubería de Presión, sin embargo, entre la rejilla y la tubería se instalan unas guías en

Fuente: Elaboración propia del autor.

g. Compuerta de fondo, permite vaciado y lavado de sedimentos.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

h. *Vertedero de demasías*, a través de este vierten excesos de agua.

- **Chimenea de equilibrio**

Las chimeneas de equilibrio, también llamadas pozos de oscilación o torres piezométricas, su objetivo es servir de amortiguador a sobrepresiones y subpresiones del canal, es decir golpes de ariete [5].

- **Tubería forzada**

La función de las tuberías es la conducción del agua directamente desde el punto de alimentación hasta las turbinas ubicadas en la central. Las tuberías forzadas pueden originarse en una toma de agua, en una galería, un pozo de presión o en un colector. Ver figura 4.



**Figura 4.** Tubería forzada central Paraíso.

- **Casa máquinas**

Es el edificio en el que se instalan los principales sistemas de equipamiento electromecánico de la central, tales como la turbina, el generador, elementos de regulación y control de la central.

### Activos mecánicos:

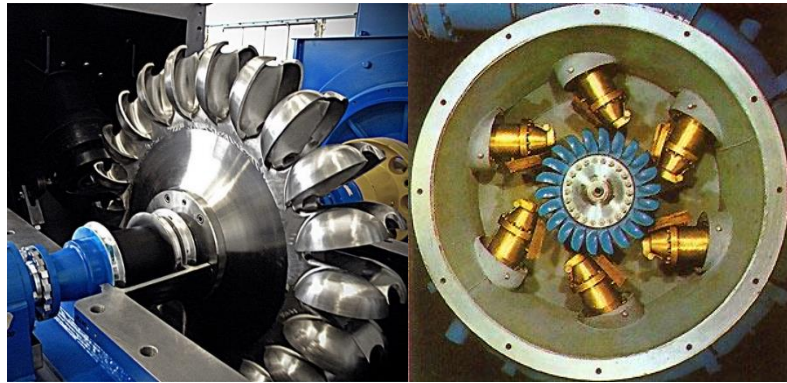
- **Turbina**

Elemento fundamental con el que se aprovecha la energía. Transforman la energía cinética (fruto del movimiento) de una corriente de agua en energía mecánica [6].

*Turbina Pelton*, también se conoce con el nombre de turbina de presión. Son adecuadas para los saltos de gran altura y para los caudales relativamente pequeños. Se utiliza para grandes saltos (entre 300 y 1400 m) y caudales de menos de 50 m<sup>3</sup>/s. Ver figura 5.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

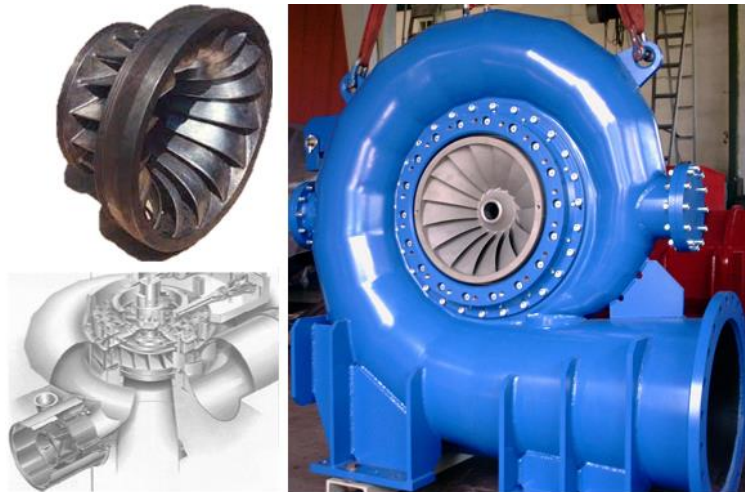
**Figura 5.** Turbina pelton vertical y turbina pelton horizontal.



Fuente: Enel Green Power.

*Turbina Francis*, es conocida como turbina de sobrepresión, es una turbina de flujo centrípeto en la que el agua llega al rotor a través de un conducto en espiral. Se pueden instalar con el eje en posición horizontal o en posición vertical. Se utiliza para saltos de altura media (de 10 a 300/400 m) y caudales de agua de 2 a 100 m<sup>3</sup>/s. Ver figura 6.

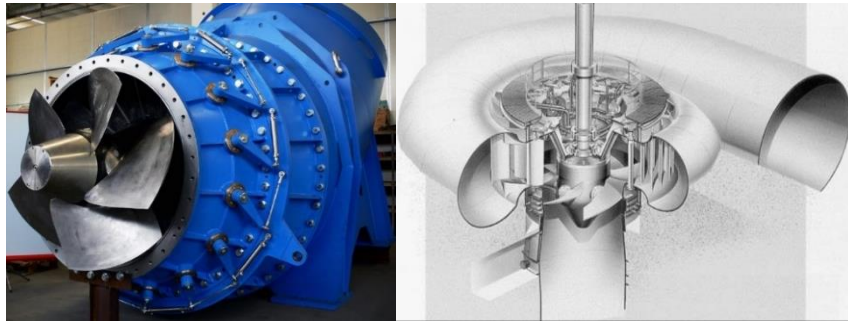
**Figura 6.** Turbina francis.



Fuente: Enel Green Power.

*Turbina Kaplan*, es una turbina de tipo axial en la que el caudal de agua hace que los álabes de la hélice giren hacia adentro y hacia afuera en dirección axial con respecto al eje de rotación de la hélice. Gracias a la posibilidad de ajustar el ángulo de incidencia de las palas, se usan en saltos de pequeña altura con caudales medianos y grandes desde 200 m<sup>3</sup>/s. Ver figura 7.

**Figura 7.** Turbina Kaplan.



Fuente: Enel Green Power.

### ▪ **Generador eléctrico / alternador**

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de sus componentes principales: el rotor (parte giratoria) y el estátor (parte estática) [7]. Ver figura 8.

**Figura 8.** Generador eléctrico: Rotor central de generación Charquito.



Fuente: Enel Green Power.

### **3.3. Generación Energía Térmica**

El objeto de las centrales térmicas es transformar energía térmica en energía eléctrica por medio de una serie de transformaciones energéticas, esto se logra mediante la utilización de ciclos como, el *ciclo de Brayton* o el *ciclo de Rankine*.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

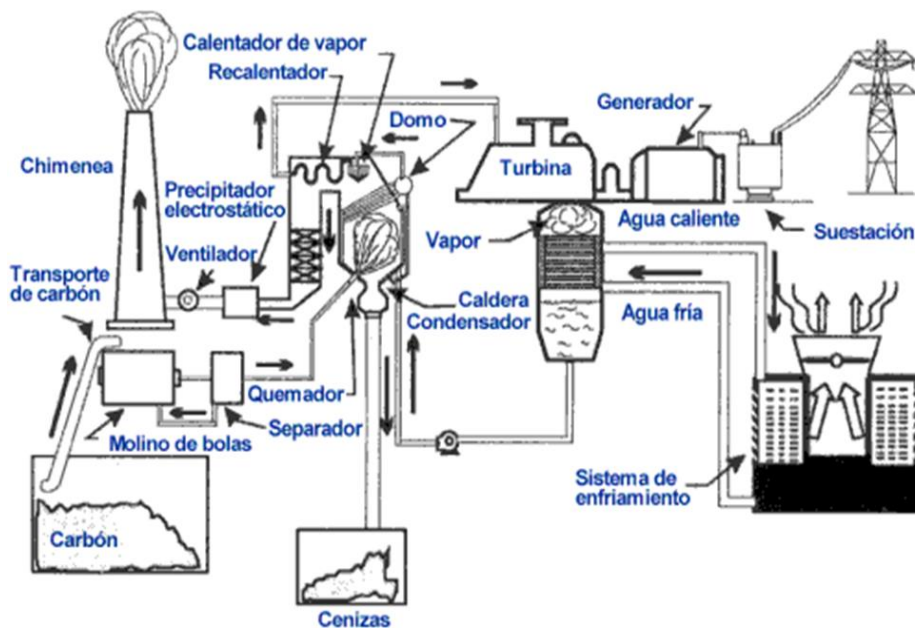
Esta transformación sigue el siguiente proceso:

- La energía contenida en un combustible se transforma por combustión en energía calorífica.
- La energía calorífica se absorbe por el fluido (agua, aire, etc.) de trabajo y se convierte al expandirse y el paso por la turbina en energía mecánica.
- La energía mecánica es transformada en energía eléctrica a través del generador eléctrico [32].

### 3.3.1. Central térmica convencional

Estas centrales utilizan combustibles fósiles (gas natural, carbón o fueloil) para generar energía eléctrica mediante un ciclo termodinámico de agua-vapor de ciclo abierto. Ver figura 9.

**Figura 9.** Proceso de generación en una central térmica mediante el uso de carbón como combustible.



Fuente: Enel Colombia SAS.

El funcionamiento de las centrales térmicas convencionales es el mismo independientemente del combustible que utilice. Sin embargo, sí que existen diferencias en el tratamiento previo que se hace del combustible y en el diseño de los quemadores de las calderas. De esta manera, si la central es de carbón, el combustible se tiene que triturar previamente. En las centrales de fueloil, el combustible se calienta, mientras que en las de

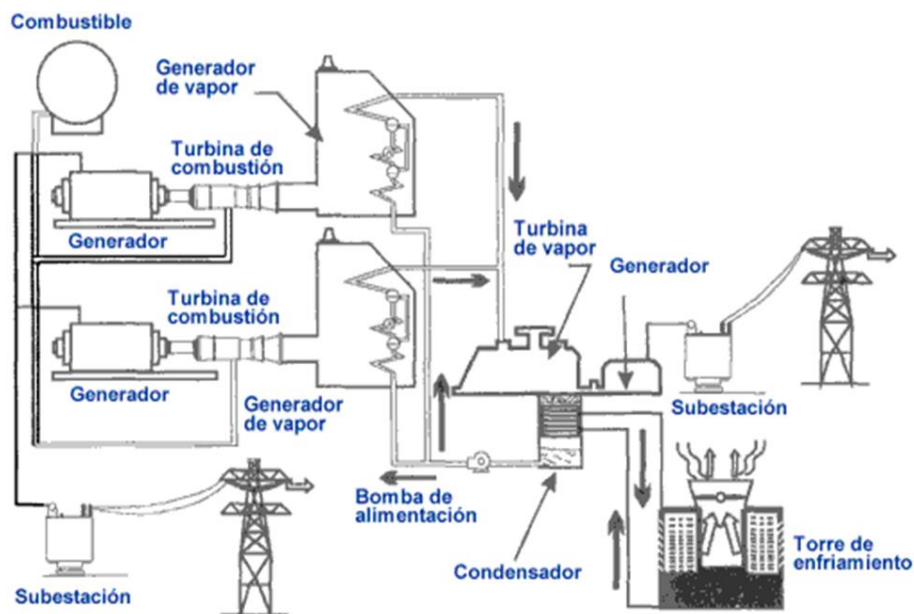
## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

gas natural, el combustible llega directamente por gaseoductos, por lo que no necesita almacenaje previo. En el caso de las centrales mixtas, se aplica el tratamiento que corresponda a cada combustible [12].

### 3.3.2. Central térmica ciclo combinado

Las centrales térmicas de ciclo combinado utilizan gas natural, gasóleo o incluso carbón preparado como combustible para alimentar una turbina de gas. Es así como la diferencia con las centrales térmicas convencionales es, luego de hacer el proceso inicial mediante el ciclo de Brayton, los gases de escape de la turbina de gas, al tener una elevada temperatura, se utilizan para producir vapor que mueve una segunda turbina, esta vez de vapor. Ver figura 10.

Figura 10. Proceso de generación en una central térmica no convencional.



Fuente: Enel Colombia SAS.

### 3.3.3. Elementos de una central termoeléctrica

#### Activos estructurales:

- **Patio de carbón**

El patio de carbón tiene una capacidad de miles de toneladas, el suministro se realiza mayormente por contratos con proveedores, utilizando como medio de transporte camiones.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- **Equipo alimentación de carbón**

Para la alimentación del carbón a las tolvas de almacenamiento se tienen sistemas independientes que cuentan con banda transportadora, equipo de trituración primaria, tolva receptora y separador magnético.

- **Tanques de almacenamiento**

Estos tanques de almacenamiento pueden contener agua, crudo o biodiesel, esto con el objetivo de tener combustible suficiente para el funcionamiento de la central.

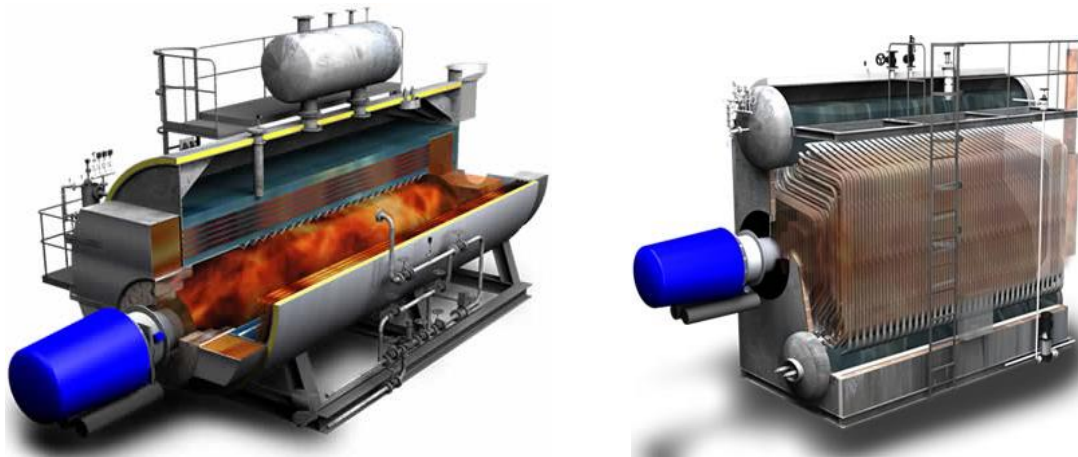
- **Plantas de tratamiento de agua**

Son plantas que ayudan a la desmineralización del agua, ya que esta es tomada muchas veces de causas de río, conteniendo grava, areniscas, materiales pesados, sales, etc., sustancias que, si pasan directamente al proceso de generación, produciría deterioro de los equipos, es así como estas PTA ayudan a filtrar y desmineralizar.

- **Caldera**

Sistema a presión en el que el agua se transforma en vapor como producto final, por cesión de calor de una fuente a temperatura superior [13]. Ver figura 11.

**Figura 11.** *Caldera de vapor pirotubular y acuotubular.*



Fuente: Calderería López Hermanos S.A [29].

- **Torres de enfriamiento**

Las torres de enfriamiento son equipos que se usan para enfriar agua en grandes volúmenes, extrayendo el calor del agua mediante evaporación o conducción. El agua se introduce por el domo de la torre por medio de vertederos o por boquillas

para distribuir el agua en la mayor superficie posible. El enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire [23].

- **Silo de cenizas**

Son sistemas de almacenamiento temporal de cenizas producidas especialmente por la combustión de carbón, es así como después de un tiempo son desocupados por camiones, transportando este material para su eliminación o reutilización.

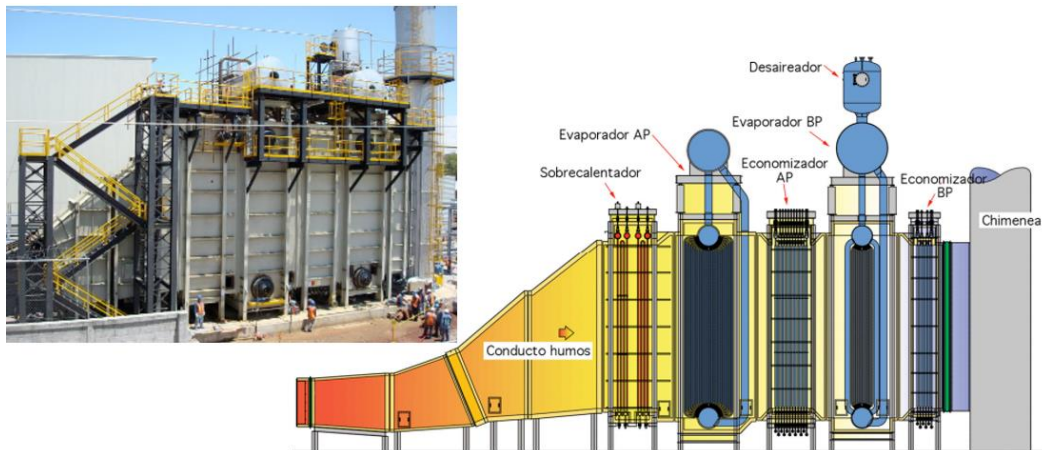
- **Patio de cenizas**

Extensión grande de terreno predefinido en donde se almacenan las cenizas al aire libre de manera indefinida, este patio se podría hacer una similitud con un espacio de relleno de basuras.

- **HRSG**

Las calderas (HRSG) se diseñan para manipular grandes flujos de gases, con caídas mínimas de presión, lo que permite una mayor generación de electricidad por el alternador de la turbina de gas [14] ciclo combinado. Ver figura 12.

**Figura 12.** Caldera de vapor recuperadora de calor.



Fuente: Escuela Politécnica Superior [30].

- **Chimenea**

Construcción de gran tamaño por donde se expulsan los gases y subproductos resultantes de la combustión de los combustibles fósiles utilizados en la central de generación de energía eléctrica. Su funcionamiento inicia con una forma de pared

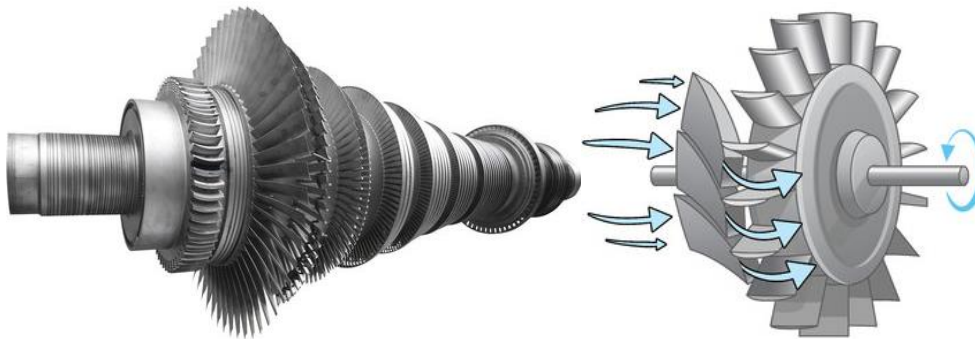
de un ángulo de  $7^\circ$  con la vertical, produciéndose una aspiración mediante ventiladores tiro inducido.

### Activos mecánicos:

#### ▪ Turbina vapor

Esta turbina cumple el mismo objetivo que una de una central hidráulica y es, transformar el cauce de un fluido en energía mecánica, en este caso la energía térmica se convierte en energía mecánica a través de una transformación termodinámica de expansión por el vapor, esto se logra gracias a unas características aerodinámicas de los alabes, así como relación eficiente entre potencia-peso. Ver figura 13.

**Figura 13.** Turbina de vapor industrial y forma aerodinámica de los alabes.



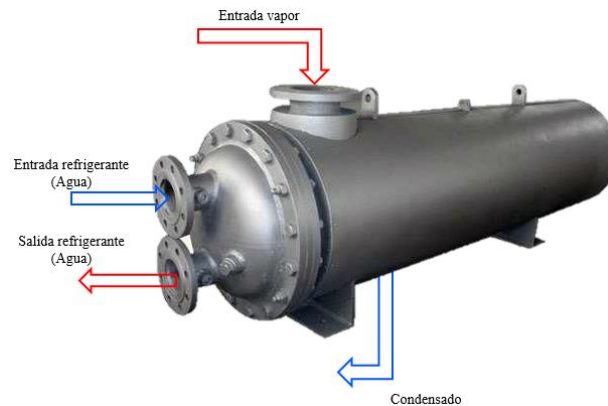
Fuente: Enel Colombia SAS.

#### ▪ Condensador

Es un componente necesario del ciclo del vapor por dos razones. La primera, convierte el vapor usado nuevamente en agua para regresarla al generador o a la caldera de vapor como agua de alimentación. La segunda razón, aumenta la eficiencia del ciclo permitiendo que el ciclo funcione u opere con los gradientes más grandes posibles de temperatura y presión entre la fuente de calor (caldera) y el sumidero de calor (condensador) [21]. Ver figura 14.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

**Figura 14.** Condensador industrial y diagrama para la condensación del vapor.



Fuente: Elaboración propia del autor.

### ▪ Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor son dispositivos cuya función es transferir el calor de un fluido a otro de menor temperatura. La transferencia de calor se produce a través de una placa metálica o tubo que favorezca el intercambio entre fluidos sin que estos se mezclen [22].

### ▪ Ventiladores tiro inducido (chimenea)

Estos tipos de ventiladores son empleados para evacuar gases o aire de algún lugar en específico, en el caso de centrales termoeléctricas este tipo de ventiladores aumenta la tasa de transferencia de calor.

### Activos eléctricos:

### ▪ BESS

Es un sistema completo de almacenamiento y gestión de energía eléctrica que puede ser configurado para desempeñar innumerables funciones. El sistema está compuesto por una solución de control y gestión energética, que coordina los modos de operación y optimiza su funcionamiento, garantizando mayor eficiencia y aprovechamiento de los recursos energéticos, además de flexibilidad operacional y confiabilidad de suministro de energía [24].

## 3.4. Generación Energía Solar

En el mundo, la generación eléctrica mediante energía solar ha tomado un camino de crecimiento y uso exponencial, esto es debido a su fácil forma de energía calórica en

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

energía eléctrica y aprovechamiento de una fuente inagotable como lo es el Sol. Es así como Colombia y sus particulares características geográficas han convertido una alternativa y auge para entrar a un nuevo mercado de sostenibilidad energética, según, “estadísticas de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) evidencian que, de las iniciativas radicadas, el 88, 3% tienen que ver con energía solar, en donde 9 de cada 10 propuestas para generar energía, usarán paneles solares. Lo que representa un crecimiento del 32% de julio a noviembre de 2017” [20].

El proceso de generación inicia cuando los rayos del sol caen directamente sobre las celdas fotoeléctricas, produciendo una diferencia de potencial eléctrico y logrando un movimiento de electrones de un lugar a otro, este factor de conversión depende de parámetros como, tipo de material del panel solar, posición entre sol-panel, efecto sombra, efecto *soiling*, entre otros factores.

### 3.4.1. Elementos de una central solar

- **Área de la planta**

A pesar de que no es un elemento o dispositivo, sí es una parte importante de la granja solar. Debido a que se tienen grandes extensiones de paneles como es el caso de la central de generación eléctrica Rubí en Perú, en donde se generan 144,48 MW en un terreno aproximado de 404 hectáreas, áreas como estas exigen una atención en sistemas como vías, control de vegetación, entre otras circunstancias, las cuales influyen en el proceso de manejo y optimización de generación eléctrica. Ver figura 15.

**Figura 15.** Central de generación de energía solar Rubí a cargo de Enel Green Power.



Fuente: Enel Green Power.

### ▪ **Estructura Trackers – Soporte**

Esta estructura es la encargada en primer lugar de sostener los paneles solares, sus funciones están en permitir que el panel solar se ubique en ángulo de inclinación, entre un radio de aproximado de  $300^\circ$ , aprovechando la mayor cantidad de irradiancia posible, este sistema de control es de lazo abierto, es decir, la inclinación está programada, según la hora, el mes, o la estación climática en que se esté en donde se encuentre la granja solar.

### ▪ **Paneles solares**

Los paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales que captan la energía que proporciona el sol convirtiéndola en electricidad, es decir, transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones) [20].

Podemos encontrar dos tipos de paneles:

- *Monocristalinos*, celda fotovoltaicas en forma cilíndrica (mayor pureza), razón que lleva a una mayor eficiencia y rendimiento
- *Policristalinos*, Molde de forma cuadra, razón por la cual sus celdas contienen impurezas produciendo energía eléctrica con una menor eficiencia.

### ▪ **Piranómetro**

Instrumento para medir la radiación solar que incide sobre una superficie plana; cuando se utiliza con una pantalla que impida la incidencia de la radiación solar directa mide sólo la difusa o difundida por la atmósfera. El aparato, por lo general, consta de una pila termoeléctrica que se encuentra bajo una cubierta protectora en forma de semiesfera de cristal, y va conectada a un equipo de registro [15].

### ▪ **Contenedores o cabinas**

Un generador fotovoltaico produce corriente eléctrica continua y por lo tanto puede alimentar solo cargas que funcionan con este tipo de corriente, en general con tensiones de 12, 24 y 48V. De aquí la necesidad de transformar la corriente continua en salida del generador fotovoltaico en corriente alterna. Dicha tarea esta realizada por el *inversor*, que además de ocuparse de la conversión CC/CA adapta la tensión de salida al nivel de la tensión de la red eléctrica para la misma. La corriente introducida, de hecho, debe tener una forma de onda sinusoidal y sincronizada con

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

la frecuencia de red y en el caso que faltase, aunque solo por breves periodos, el inversor debe poder desconectarse rápidamente. Además, característica fundamental para un inversor, es la de poder optimizar la producción efectiva de energía de la instalación con respecto a la radiación solar incidente, por medio de la regulación del Punto de Máxima Potencia (MPP) [17]. Cada uno de estos parámetros y valores reglamentarios en el paso de energía DC a AC en el sistema interconectado, lo podemos ver en la tabla 1, tabla 2 y tabla 3.

**Tabla 1.** *Valores de frecuencia aceptable para Colombia.*

<b>Tipos de red</b>	<b>Frecuencia aceptable durante el 95 % de una semana</b>	<b>Frecuencia aceptable durante el 100 % de una semana</b>
Redes acopladas por enlaces síncronos a un sistema interconectado	Desde 59,8 Hz Hasta 60,2 Hz	Desde 57,5 Hz Hasta 63 Hz
Redes sin conexión síncrona a un sistema interconectado (redes de distribución en regiones no interconectadas e islas)	Desde 58,8 Hz Hasta 61,2 Hz	Desde 51 Hz Hasta 69 Hz

Fuente: Norma Técnica Colombiana 1340 Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público [18].

**Tabla 2.** *Valores de referencia de THD Colombia.*

<b>Rango de tensión</b>	<b>Distorsión Armónica Individual (Dv) (%)</b>	<b>Distorsión Armónica Individual (THDv) (%)</b>
$V_n \leq 1 \text{ kV}$	5,0	8,0
$1 \text{ kV} < V_n \leq 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$V_n > 161 \text{ kV}$	1,0	1,5

Fuente: IEEE-519 Recommended practice and requirements for harmonic control in Electric, 2014 [19].

# SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

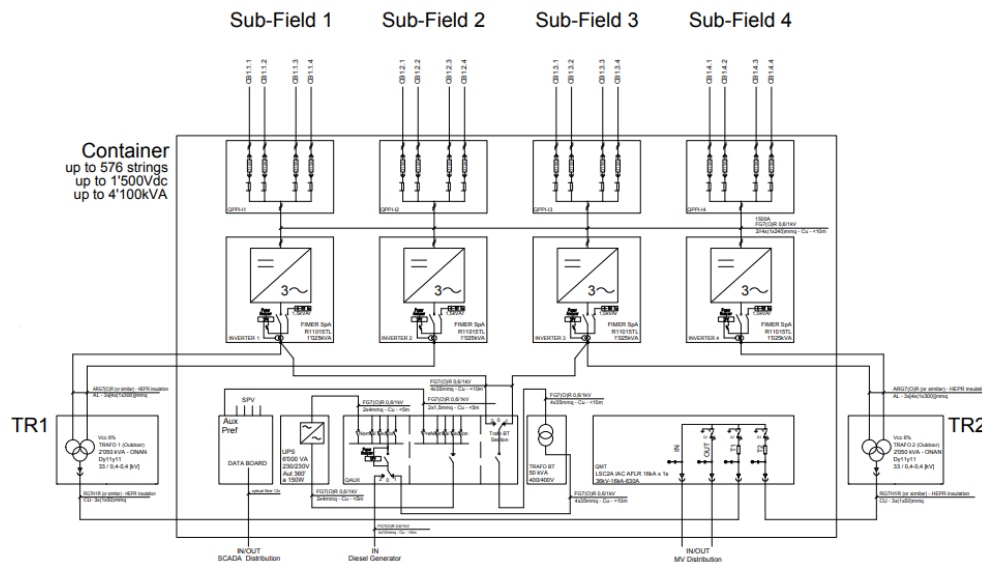
**Tabla 3.** Valores límites de distorsión de corriente TDD para sistemas desde 120 V hasta 69 kV Colombia.

Máximas distorsiones armónicas en porcentajes de (Isc = corriente máxima de cortocircuito en el punto PCC)						
Orden de armónicos individuales						
Isc / I <sub>L</sub>	3 ≤ h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h ≤ 50	TDD
<20	4	2,0	1,5	0,6	0,3	5
20<50	7	3,5	2,5	1,0	0,5	8
50<100	10	4,5	4,0	1,5	0,7	12
100<1000	12	5,5	5,0	2,0	1	15
>1000	15	7	6,0	2,5	1,4	20

Fuente: IEEE-519 Recommended practice and requirements for harmonic control in Electric, 2014 [19].

En estas cabinas de conversión y control es común encontrarnos un diagrama como el de la figura 16:

**Figura 16.** Plano eléctrico cabinas marca FIMER.



Fuente: Operación central Rubí – Perú.

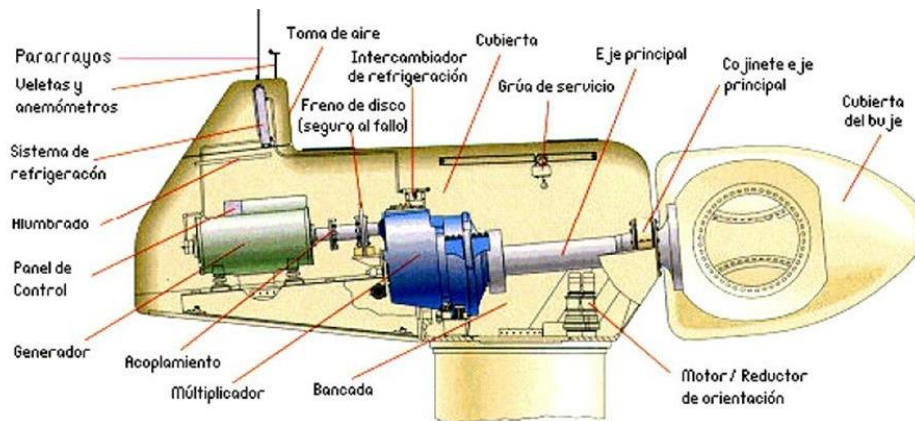
- **Líneas o cableado entre los contenedores y la subestación**

Este sistema cableado es el interconectado entre la cabina o contenedor en donde la salida es un transformador elevador de tensión (33kVAC) hasta un gabinete de control y supervisión de calidad de energía eléctrica, este sistema cableado se diseña de tal forma que se optimice distancia y grosor del cable.

### 3.5. Generación Energía Eólica

La energía eólica es aquella que se obtiene a partir de la fuerza del viento. A través de un aerogenerador que transforma la energía cinética de las corrientes de aire en energía eléctrica. El proceso de extracción se realiza principalmente gracias al rotor, que transforma la energía cinética en energía mecánica, y al generador, que transforma dicha energía mecánica en eléctrica. Es así como se habla de una energía renovable, eficiente, madura y segura clave para la transición energética y la descarbonización de la economía [26]. Ver figura 17.

Figura 17. Diagrama generación de energía eólica.



Fuente: Monografías. Mecanismo para el aprovechamiento eólico [31].

#### 3.5.1. Elementos de una central eólica

- **Torre**

La función de una torre eólica es:

- Situar la góndola a una altura determina entre 90m a 120m según el tipo de material.
- Transmitir las cargas mecánicas producidas en la góndola a la cimentación.

Podemos encontrar dos tipos de torres según su material:

*Torre de acero*, es una estructura troncocónica tubular y se divide en cinco tramos. Dichos tramos se atornillan entre sí por las bridas situadas en sus extremos para formar conjuntamente la torre.

*Torre de hormigón*, formada por unas dovelas de hormigón que a su vez forman tramos [27].

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- **Palas**

Son las encargadas de transformar la energía del viento en rotación, que transmitida al generador producirá electricidad. Normalmente, esta turbina dispone de tres palas fabricadas en poliéster reforzado con fibra de vidrio las cuales van unidas al rodamiento del buje mediante una corona de pernos [27].

- **Góndola o carcasa de protección**

Elaborada con poliéster y fibra de vidrio, cumple con la misión de evitar entradas de aguas y otros elementos al interior del sistema generador [27].

- **Multiplicadora**

Desempeña la función de transmitir el par motor del rotor al generador, aumentando la velocidad angular. Es así, como transforma la lenta rotación de las palas (entre 18 y 25 revoluciones por minuto) en una rotación más rápida (de hasta 1.800 revoluciones por minuto) capaz de hacer funcionar el generador eléctrico. Además, tiene como segunda función aislar eléctricamente los elementos del tren de potencia respecto al generador [27].

- **Generador eléctrico**

Transforma la potencia mecánica que viene del rotor a través de la multiplicadora en potencia eléctrica para ser vertida a la red. Su tamaño es mucho menor a un generador en una central hidráulica o térmica, no obstante, el principio de funcionalidad es el mismo como se puede ver, es así como podemos encontrar dentro de estas góndolas, un generador asíncrono trifásico de 3 polos el cual, dependiendo del modelo pueden llegar a una potencia nominal de 3000 kW y 3300 kW con una frecuencia de generación entre 50Hz y 60Hz [27].

### 3.6. Elementos Generales

- **Transformador de potencia**

Tienen la capacidad de aumentar el voltaje de salida en relación al voltaje de entrada, manteniendo su potencia. En estos transformadores el número de espiras del devanado secundario es mayor a las del devanado primario.

Relación de transformación:

$$N_p/N_s = V_p/V_s = I_s/I_p = r_t$$

Donde:

Donde ( $N_p$ ) es el número de vueltas del devanado del primario, ( $N_s$ ) el número de vueltas del secundario, ( $V_p$ ) la tensión aplicada en el primario, ( $V_s$ ) la obtenida en el secundario, ( $I_s$ ) la intensidad que llega al primario, ( $I_p$ ) la generada por el secundario y ( $r_t$ ) la relación de transformación [11].

### ▪ **Líneas de transmisión**

Una línea de transmisión eléctrica es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión y distribución de la energía eléctrica, está constituida por: conductores, estructuras de soporte, aisladores, accesorios de ajustes entre aisladores y estructuras de soporte, y cables de guarda (usados en líneas de alta tensión, para protegerlas de descargas atmosféricas) [25].

### ▪ **Subestación**

Las subestaciones eléctricas son instalaciones encargadas de realizar transformaciones de tensión, frecuencia, número de fases o conexiones de dos o más circuitos, estas se ubican cerca de las centrales generadoras. Donde podemos encontrar una, *subestación transformadora elevadora*, la cual eleva la tensión generada de media a alta o muy alta para poder transportarla. La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36kV y la tensión secundaria está condicionada por la tensión de la línea de transporte o de interconexión (66, 110, 220 o 380 kV).

A sí mismo, dentro de estas subestaciones podemos encontrar instrumentos como:

- Interruptor de potencia

Es un equipo que tiene como finalidad activar o desconectar circuitos eléctricos con carga en condiciones normales o en el caso de presentarse algún tipo de inconvenientes [9].

- Seccionadores

Aparato mecánico de maniobra sin carga, que, por razones de seguridad, asegura, en posición de abierto, una distancia de aislamiento y que se emplea para aislar un elemento de una red eléctrica o una parte de esta del resto de la red, con el fin de ponerlos fuera de servicio, o para llevar a cabo trabajos de mantenimiento [10].

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Transformador de corriente  
Toma una muestra de la corriente de la línea a través del devanado primario y lo reduce hasta un nivel seguro para medirlo [11].

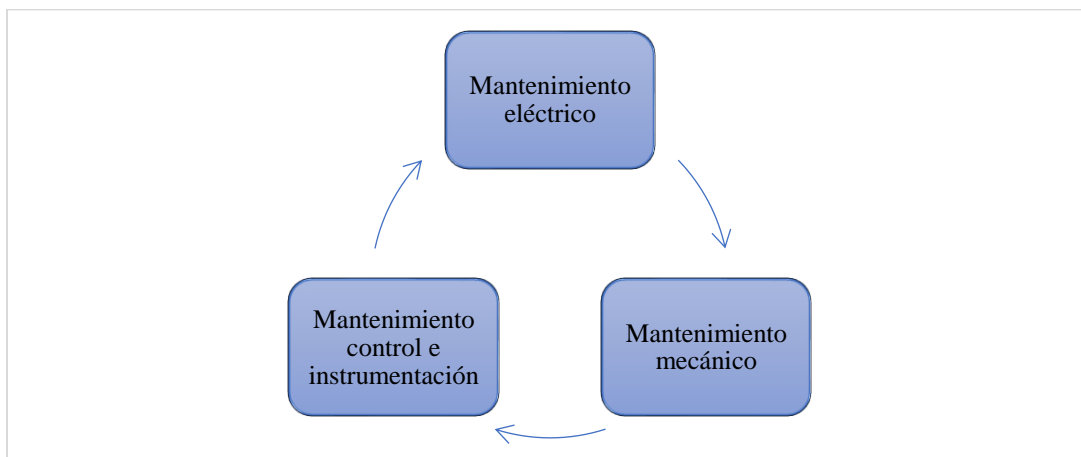
### 3.7. Procesos de Operación y Mantenimiento

#### 3.7.1. Mantenimiento centrales de generación de energía eléctrica

El área de mantenimiento es el encargo de garantizar el funcionamiento correcto de los equipos. Esta área está capacitada para instalar, solucionar y reparar los diferentes problemas que se presentan en la planta, así mismo de aplicar el mantenimiento, preventivo, predictivo, correctivo o a condición.

En la figura 18, podemos encontrar tres ramas importantes de ingeniería destinadas a garantizar la correcta funcionalidad de todos los equipos de la planta:

**Figura 18.** Áreas de ingeniería que intervienen en los procesos de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia del autor.

#### 3.7.2. Clases de mantenimiento

Podemos encontrar diferentes clases de mantenimiento:

- **Mantenimiento Preventivo**  
Destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y limpieza que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.
- **Mantenimiento Predictivo**

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

Acciones que se toman, y técnicas que se aplican, con el posibles fallos y defectos de maquinaria en las etapas incipientes, para objetivo de detectar evitar que estos fallos se manifiesten en uno más grande durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto financiero negativo Termografías, Análisis de Aceites, Vibraciones Temperaturas, Sonido, Consumos, Corrientes, Voltajes, Frecuencias, y algunas otras.

- **Mantenimiento a condición**

Es una estrategia de mantenimiento que basa sus resultados, es decir, disponibilidad, fiabilidad, coste de mantenimiento vida útil de la instalación, seguridad y bajo impacto ambiental, en el diagnóstico previo de los equipos.

- **Mantenimiento correctivo**

Corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos para corregirlos o repararlos.

### ***3.7.3. Operación centrales de generación de energía eléctrica***

El área de operación es la encargada de coordinar, controlar, supervisar y realizar la operación de la central de generación, supervisa y vela por el óptimo funcionamiento de cada uno de los equipos para ofrecer confiabilidad y fiabilidad al proceso de producción.

Así pues, cada una de las actividades y procesos de O&M dentro de cada una de las centrales de generación de energía eléctrica, hydro, térmica, solar y eólica se pueden encontrar en los anexos: Apéndice A, Apéndice B, Apéndice C, Apéndice D y Apéndice E.

## **4. Diseño Instrumento de Decisión**

Una matriz de decisión es un modelo o técnica no matemática que gráficamente presenta la valoración resumida de un numero establecido de criterios. Es decir, es una manera objetiva de tomar decisiones ya que se utiliza un proceso estructurado y un método sistemático.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

Utiliza números para valorar y de esa manera usar un lenguaje universal, puesto que se pondera numéricamente el cumplimiento de cada aspecto, alternativa o criterio empleado [33].

En efecto, existe una serie de tipos de matrices que se pueden encontrar para el desarrollo y diseño de estas, entre ellas, se destaca: Matriz de Pugh, matriz de Eisenhower, análisis de cuadrícula, teoría de la utilidad multiatributo, matriz de selección de problemas y cuadrícula de decisiones [34].

Es así, como realizando un contraste entre una matriz de decisión tipo cuadrícula se ha diseñado el siguiente instrumento de decisión, el cual, es una herramienta que permite analizar e identificar la mejor opción para elegir un sistema robotizado, utilizando diferentes criterios y aspectos predeterminadas. Esos factores tienen una calificación específica y si todos se completan correctamente, se obtiene una sumatoria que ayuda a tomar una buena decisión racional, con la que todas las personas involucradas estén de acuerdo.

Por consiguiente, considerando lo anterior hay que tener una serie de aspectos, criterios o rubricas que se deben establecer:

### **Impactos económicos:**

Consecuencias posibles dentro del rubro económico que afecta directa o indirectamente la compra de un equipo a la compañía, como puede ser:

- Inversión: Valor total del equipo a comprar teniendo en cuenta, valor neto, impuestos, proceso de importación y nacionalización.
- Inversión recurrente: Es un valor anual el cual para el correcto funcionamiento del dispositivo se necesita de este, plataforma de acceso, licencias o procesos de mantenimiento.
- Beneficio empresa (€): Coste ahorrado por la empresa con el uso de este dispositivo, menor horas hombre del personal, riesgo industrial, contratos externos, adquisición de datos, etc.
- Viabilidad: Probabilidad de que se pueda llevar a cabo el proceso de compra, detallando las posibilidades de éxito o de fracaso al momento de la implementación.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

### **Aspectos técnicos:**

Son aspectos que se estudian desde la parte de construcción, funcionamiento y operabilidad, en busca de debilidades o no. Estos criterios se evalúan a partir de las especificaciones técnicas indicadas por cada proveedor:

- **Mantenimiento:** Facilidad de adquisición de repuestos, valor de los mismos y confiabilidad a largo tiempo.
- **Durabilidad:** Capacidad del equipo en términos de material y componentes para soportar un entorno industrial sin sufrir daños.
- **Rendimiento:** Eficiencia del equipo en su operatividad.
- **Autonomía:** Duración de funcionamiento en tiempo de la batería del equipo.
- **Resistencia:** Aspecto que evalúa la operatividad del equipo en el tiempo, estudia su nivel de protección ambiental, polvo, salpicaduras, entre otras.
- **Soporte técnico:** Estudia si este servicio se presta desde un: acceso local, remoto, país cercano o lejano.
- **Grado de innovación:** Alternativa que va más allá y supera las expectativas aportando beneficios económicos, practicidad y productividad.
- **Grado de necesidad:** Valor agregado que ofrece el tener o no tener este activo dentro de la compañía.

### **Impacto social:**

Aceptación a nivel comunidad de los resultados de la aplicabilidad de dicho equipo robotizado, lo cual involucra:

- **Experiencia de la empresa:** Nivel de confiabilidad con la empresa vinculada, ofreciendo una mejor y optima solución ante posibles problemas.
- **Regulaciones:** Estudiar las regulaciones nacionales e internacionales para la empleabilidad de dicho equipo en campo.
- **Beneficio ambiental (CO2):** Contribución a los objetivos de sostenibilidad de la compañía, valor medido en KG de dióxido de carbono aporte al principio de descarbonización.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

En consecuencia, y a partir de los criterios anteriormente definidos, método de estudio y tipo de matriz de decisión a emplear, se diseña el siguiente instrumento de decisión:

Aspectos		Decisión a tomar			
		¿Qué Robot comprar?			
		Opciones	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3
		Importancia (0-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)
1	Inversión				
2	Inversión recurrente				
3	Mantenimiento				
4	Regulaciones				
5	Beneficio empresa (€)				
6	Beneficio ambiental (CO2)				
7	Viabilidad				
8	Durabilidad				
9	Rendimiento				
10	Resistencia				
11	Autonomía				
12	Experiencia de la empresa				
13	Soporte técnico				
14	Grado de innovación				
15	Grado de necesidad				
<b>Puntos acumulados</b>					

Explicación importancia		
0	No importante	0%
1	Un poco	33%
2	Importante	66%
3	Muy importante	100%

Calificación de aspectos	
Valor más bajo	No cumple con dicho aspecto
Valor más alto	Cumple con dicho aspecto

Nota: Si se tiene una cantidad  $n$  de dispositivos, el nivel de calificación será hasta este valor  $n$ , siendo  $n$  el puntaje más alto.

A continuación, se describe la ecuación empleada para la sumatoria del puntaje respecto al nivel de importancia de cada aspecto.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

$$PA = \sum_{i=1}^{15} NI_i \cdot PA_i$$




Donde: **PA**, Total puntos acumulados; **NI<sub>i</sub>**, Nivel de importancia aspecto evaluado; **PA<sub>i</sub>**, Puntos aspecto evaluado; **i**, numero de aspectos a evaluar.

Ahora bien, cada uno de los aspectos anteriormente mencionados pueden aplicar o no a la elección de un robot, es así como si el evaluador requiere de otros parámetros a estudiar esta en la plena libertad de incluirlos y de esta manera lograr una probabilidad y exactitud mayor.

### 5. Soluciones Robotizadas Encontradas en el Mercado Internacional y Evaluación

#### 5.1. Vehículos Aéreos No Tripulados de Interiores




Aplicabilidad: Drones especiales para inspecciones visuales en espacios totalmente confinados como, tuberías, calderas, interiores de infraestructura, entre otras.

Elios Flyability 2	Elios Flyability 3	Asio Pro Flybotix
 <p data-bbox="224 1396 521 1577">                     Empresa: Flyability                      Precio: \$ 58,000.00 USD                      Puntuación: 36                      EETT: Apéndice F                 </p>	 <p data-bbox="621 1396 919 1577">                     Empresa: Flyability                      Precio: \$ 73,863.02 USD                      Puntuación: 35                      EETT: Apéndice G                 </p>	 <p data-bbox="1024 1396 1321 1577">                     Empresa: Flybotix                      Precio: \$30,000.00 USD                      Puntuación: 28                      EETT: Apéndice H                 </p>
<p data-bbox="224 1598 1398 1881">                     Evaluación (Apéndice Q): Elios Flyability 2, es un dron con una versión menor, pero que ofrece los beneficios necesarios que se necesitan en las inspecciones visuales a realizar, con una estabilidad predominante para el operador, Elios 3 es muy similar a este, solo que posee un sistema LiDAR, valor agregado que se estima como un costo muy elevado. Es de notar que el dron Asio Pro posee un bajo costo, sin embargo no posee camara termografica un factor diferenciador en la marca Flyability.                 </p>		

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA




### 5.2. Vehículos Operados Remotamente (ROV)

Aplicabilidad: Como su nombre lo dice, es un robot operado remotamente para realizar inspecciones por debajo de agua, es de destacar su trabajo en activos como, tanques, tuberías, turbinas hidráulicas, presas, embalses y todo tipo de infraestructura sumergida.

BlueROV2	Revolution ROV	PRO 4 Plus ROV
 <p>Empresa: BlueRobotics                      Precio: \$ 31,929.00 USD                      Puntuación: 40                      EETT: Apéndice I</p>	 <p>Empresa: Deep Trekker                      Precio: \$ 90,000.00 USD                      Puntuación: 39                      EETT: Apéndice J</p>	 <p>Empresa: VideoRay                      Precio: \$ 92,758.00 USD                      Puntuación: 30                      EETT: Apéndice K</p>
<p>Evaluación (Apéndice R): A pesar de la gran diferencia de precios entre BlueROV2 y los demás robots evaluados, es de destacar su nivel de robustez y rendimiento por un bajo costo, cumpliendo con las necesidades mínimas al momento de emplearlo en la medición de sedimentos y extracción de objetos en un embalse, así mismo nivel de cámara y visualización en condiciones de aguas turbias mediante la inclusión de un dispositivo sonar.</p>		

### 5.3. Smartglasses

Aplicabilidad: Son dispositivos inteligentes de aplicación tipo industrial, en donde gracias al diseño manos libres se puede brindar soporte de manera remota sin intervenir en la maniobrabilidad del personal. Es así como, encontramos tres tipos de gafas con uso semejante, gafas de realidad mixta, realidad virtual y realidad aumentada.



Realwear Navigator 500	Oculus Quest 2	Hololens 2
 <p>Empresa: RealWear                      Precio: \$ 2,500.00 USD                      Puntuación: 35                      EETT: Apéndice L</p>	 <p>Empresa: Oculus VR - Meta                      Precio: \$ 499.00 USD                      Puntuación: 22                      EETT: Apéndice M</p>	 <p>Empresa: Microsoft                      Precio: \$ 5,492.00 USD                      Puntuación: 36                      EETT: Apéndice N</p>

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

Evaluación (Apéndice S): Se puede observar una gran desventaja en las SG Oculus y una gran similitud de puntuación entre Realwear y Hololens, sin embargo, la empresa Microsoft posee un factor diferenciador, esto es debido a que este tipo de gafas posee una tecnología denominada realidad mixta, una mezcla entre RV y RA juntas en un solo dispositivo, logrando una eficiencia eficaz en cualquier tarea dentro de una central de generación.

### 5.4. Robots Cuadrúpedos

Aplicabilidad: Son robots de cuatro patas, que mantienen la adaptación y estabilidad estática y dinámica para realizar rutas de inspección autónomamente en especial en el área de operación, permitiendo el concepto de plantas desatendidas.

ANYmal	SPOT
	
Empresa: ANYbotics	Empresa: Boston Dynamics
Precio: \$ 200,000.00 USD	Precio: \$ 92,000.00 USD
Puntuación: 21	Puntuación: 26
EETT: Apéndice O	EETT: Apéndice P
Evaluación (Apéndice T): ANYmal es un robot compacto, con grandes propiedades técnicas, funcionalidad y autonomía, sin embargo, cada una de las propiedades de este, se pueden encontrar en un robot mas económico como lo es SPOT a cargo de la compañía Boston Dynamics, que mediante la integración de sus accesorios, cámaras RGB, termográfica, zoom, LiDAR, sensores de gases y sistemas IA hacen de este robot un completo operador robótico circundante en campo.	

## **6. Conclusiones**

En este proyecto se presenta un diseño de un instrumento de decisión, esto con el fin de estudiar y evaluar la adopción de las mejores soluciones aplicadas al proceso de generación de energía con un criterio más objetivo. Tras el diseño, implementación y validación del modelo se encontró el aporte cuantitativo ofrecido y de valor. Además, determina los criterios para acoger una decisión, resolviendo problemas, oportunidades de mejora, pros y contras del evaluando, permitiendo confiabilidad y seguridad en la mejor opción entre las diferentes alternativas encontradas.

Finalmente, cabe notar que la metodología y desarrollo de este documento se generó a partir de todo lo evidenciado y aprendido durante la practica empresarial realizada, saliéndose del modelo ideal y teórico de la universidad, con un sentido de total estudio y aplicabilidad en la industria.

## Referencias Bibliográficas

- [1] P. Paryanto, H. Indrawan, N. Cahyo, A. Simaremare and S. Aisyah, "Challenges toward Industry 4.0: A Case Study of Power Plants in Indonesia," 2020 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP), 2020, pp. 272-276, doi: 10.1109/ICT-PEP50916.2020.9249918.
- [2] GE Power, GE Renewable Power (September 2018), "The Digital Energy Transformation".
- [3] Acciona, "La importancia de las energías renovables". BUSINESS AS UNUSUAL. (s. f.). Experts in designing a better planet. [https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894)
- [4] Secretaria de energía – Republica de Argentina (2012), "Centrales eléctricas". [https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos\\_didacticos/publicaciones/centrales\\_electricas.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/centrales_electricas.pdf)
- [5] Ferrovial, "Chimeneas de equilibrio y pozos de oscilación". Ferrovial. (s. f.). <https://www.ferrovial.com/es/recursos/chimeneas-de-equilibrio/>
- [6] Enel Green Power, Energías renovables, "Turbina hidroeléctrica". <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/turbina-hidroelectrica>
- [7] Endesa Fundación (2022), "El generador eléctrico". <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generador-electrico>
- [8] Endesa Fundación (2022), "Subestaciones eléctricas". <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/subestaciones-electricas>
- [9] GSL Industrias (17 agosto, 2021), "Interruptor de potencia". <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/interruptor-de-potencia>

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- [10] Sector Electricidad (17 junio, 2018), “Seccionadores”.  
<https://www.sectorelectricidad.com/20135/seccionadores/>
- [11] Endesa Fundación (2022), “El transformador eléctrico”.  
<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/corrientes-alternas-con-un-transformador-electrico>
- [12] Endesa Fundación (2022), “Central térmica convencional”.  
<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-electricas-convencionales/central-termica-convencional>
- [13] Jorge A. González, FACET – UNT, “Centrales eléctricas – Centrales térmicas”.  
<https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wp-content/uploads/sites/19/2014/10/Apunte-Central-TV-1.pdf>
- [14] Rivasse (03 enero, 2016), “Ciclos combinados, recuperación de calor residual y otros sistemas”. <https://redsauce.net/es>
- [15] Navarra, Meteorología y climatología de Navarra, “Piranómetro”.  
<http://meteo.navarra.es/definiciones/piranometro.cfm>
- [16] División de Supervisión de Electricidad, Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad (Septiembre 2020), “Central solar Rubí”.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.6.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.6.6.pdf)
- [17] Aros Solar Technology, “Tecnología de los inversores para instalaciones conectadas a la red”. <http://www.aros-solar.com/es/tecnologia-de-los-inversores-para-instalaciones-conectadas-a-la-red>
- [18] Icontec, Norma Técnica Colombiana NTC 1340 – Electrotecnia. Tensiones y frecuencia nominales en sistemas de energía eléctrica en redes de servicio público, Bogotá, Colombia, 2004.
- [19] IEEE Standard, IEEE 519-2014 Recommended practice and requirements for harmonic control in electric, New York, USA, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2014.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

[20] Celsia, “Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia”.  
<https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>

[21] Oscar Jaramillo (20 de noviembre 2007), “Condensadores de vapor”.  
<https://www.ier.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/node32.html>

[22] Ingeniero marino, “Intercambiadores de calor”.  
<https://ingenieromarino.com/intercambiadores-de-calor/#:~:text=Intercambiador%20de%20Calor,Los%20intercambiadores%20de%20calor%20son%20dispositivos%20cuya%20funci%C3%B3n%20es%20transferir,sin%20que%20es%20se%20mezclen.>

[23] INDERIN S.A (2015), “Torres de enfriamiento”. <http://inderinsa.com/torres-de-enfriamiento/>

[24] WEG (20 de noviembre 2020), “Almacenamiento de Energía de Baterías (BESS)”.  
[https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Generaci%C3%B3n%20Transmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas-%20BESS%29/p/MKT\\_WDC\\_GLOBAL\\_SYSTEM\\_ESSW](https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Generaci%C3%B3n%20Transmisi%C3%B3n-y-Distribuci%C3%B3n/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas/Almacenamiento-de-Energ%C3%ADa-de-Bater%C3%ADas-%20BESS%29/p/MKT_WDC_GLOBAL_SYSTEM_ESSW)

[25] Alida C. Bustillos y Víctor J. Pérez, “líneas eléctricas”.  
<https://www.sectorelectricidad.com/12443/introduccion-a-las-lineas-de-transmision-de-energia-electrica/>

[26] IBERDROLA, “Energía eólica”. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>

[27] Acciona Windpower, “Apartado manuales mecánicas”.

[28] Acciona Windpower, “Manual de instrucciones de mantenimiento”.

[29] Calderería López Hermanos S.A, “Calderas de Vapor”.  
<http://lopezhnos.es/products/caldera-de-vapor-pirotubular-gvl-h/>

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

[30] Adrián Paz (Julio 2017), “DISEÑO DE RECUPERADOR EN PLANTA DE COGENERACIÓN”.

[https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19734/PazFeijoo\\_Adrian\\_TFG\\_2017.pdf?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/19734/PazFeijoo_Adrian_TFG_2017.pdf?sequence=2)

[31] Monografías, “Mecanismos para el aprovechamiento eólico: las máquinas eólicas”.

<https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/mecanismos-aprovechamiento-eolico-maquinas/mecanismos-aprovechamiento-eolico-maquinas2>

[32] Instituto Tecnológico de Oaxaca, “Centrales eléctricas: UNIDAD I Centrales Termoeléctricas Convencionales”. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-oaxaca/analisis-de-circuitos-electricos/centrales-termoelectricas-convencionales/26379461>

[33] Economipedia, “Matriz de decisión”. <https://economipedia.com/definiciones/matriz-de-decision.html>

[34] Asana, “Gestión de proyectos | 7 sencillos pasos para crear una matriz de decisiones (con ejemplos)”. <https://asana.com/es/resources/decision-matrix-examples>

[35] Maria Tamayo (Universidad de Antioquia), “PANORAMA ACTUAL DE LA GENERACIÓN HIDRÁULICA EN COLOMBIA Y ANTIOQUIA ANTE EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/32189/1/TamayoMaria\\_2022\\_PanoramaActualGeneracion.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/32189/1/TamayoMaria_2022_PanoramaActualGeneracion.pdf)

[36] FLYABILITY. “DRON SEGURO PARA ESPACIOS INACCESIBLES”. <https://www.flyability.com/es/>

[37] FLYBOTIX, “ASIO DRONE”. <https://flybotix.com/asio-drone/>

[38] BlueRobotics. “We're on a mission to enable the future of marine robotics”. <https://bluerobotics.com/>

[39] DEEP TREKKER. “Vehículos de operación remota y robots submarinos”. <https://www.deeptrekker.com/cl>

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

[40] VideoRay, “Mission Specialist ROV Products”. <https://videoray.com/>

[41] RealWear, “SOLUCIONES DE REALIDAD ASISTIDA DE ROBUSTEZ INDUSTRIAL LÍDERES EN EL MERCADO”. <https://www.realwear.com/es/productos/>

[42] Meta, “Make moves with Meta Quest 2”. <https://www.meta.com/quest/>

[43] Microsoft, “Microsoft HoloLens 2”. <https://www.microsoft.com/es-es/hololens>

[44] ANYbotics, “Autonomous robots for industrial inspection”. <https://www.anybotics.com/>

[45] Boston Dynamics, “Changing your idea of what robots can do”. <https://www.bostondynamics.com/>

## Apéndices

### Apéndice A. Procesos de operación y mantenimiento central de generación hidroeléctrica

#### Supervisión de herramientas operacionales:

- El operador debe interrogar continuamente los contadores, para verificación del correcto funcionamiento de estos, adicionalmente debe quedar registrada esta información.
- Debe existir un registro de datos hidrológicos como nivel del embalse, afluencias, Turbinado, entre otros, con el fin de tener un monitoreo continuo de las variables de la presa.
- Se debe cargar la información de hidrología, Generación, Movimientos de unidades, consumos propios etc., en los diferentes aplicativos internos de la compañía.
- El operador debe registrar en Bitácora, todos los movimientos de unidades (Arranque / Parada), Eventos, redespachos, autorizaciones y todas las hechos relevantes que sucedan durante el turno.

#### Mantenimiento sistema turbina hidráulica:

- Inspección de fugas de aceite.
- Inspección de fugas de agua de proceso.
- Inspección tintas penetrantes perfil hidráulico del rodete de la turbina.
- Inspección partículas magnéticas perfil hidráulico del rodete de la turbina.
- Inspección con ultrasonido perfil hidráulico del rodete de la turbina.
- Cambio de empaques servomotores inyectoros de aguja.
- Cambio de tuberías de mando y control.
- Cambio de empaques de los servomotores.

#### Mantenimiento sistema conducción forzada:

- Inspección de fugas de aceite.
- Inspección de fugas de agua de proceso.
- Ajuste de juntas de expansión.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Inspección interna con tintas penetrantes.
- Inspección de espesores con ultrasonido.
- Inspección visual del recubrimiento.
- Inspección visual interior.
- Cambio de empaques juntas de expansión.
- Recuperación recubrimientos internos y externos.

### **Mantenimiento sistema válvula esférica:**

- Inspección de fugas de aceite e inspección de fugas de aceite HPU.
- Cambio de electroválvulas de control.
- Cambio de válvulas de corte del sistema.
- Inspección de fugas de agua de proceso.
- Aforo de fugas sellos de operación y mantenimiento.
- Inspección visual del recubrimiento.
- Inspección visual interior.
- Cambio de empaques sellos de operación y mantenimiento.
- Cambio de empaques del servomotor.
- Recuperación recubrimientos internos y externos.
- Cambio de tuberías de mando y control.
- Cambio de válvulas de operación y control.
- Cambio de empaques de los servomotores y válvulas de control.

### **Mantenimiento sistema regulador hidráulico de velocidad:**

- Inspección de fugas de aceite HPU.
- Cambio de electroválvulas de control.
- Cambio de válvulas de corte del sistema.
- Inspección de fugas de agua de proceso.
- Cambio de filtros del sistema hidráulico.
- Inspección bombas de presión.
- Calibración válvulas de descarga.
- Calibración operación agujas. sellado.
- Cambio de empaques servomotor de deflectores.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Cambio de tuberías de mando y control.
- Cambio de empaques de los servomotores.

### **Mantenimiento sistema generador sincrónico:**

- Inspección rotor del generador.
- Mantenimiento bobinas del estator.
- Mantenimiento bobinas del generador.
- Mantenimiento cojinete guía superior.
- Mantenimiento cojinete de empuje.
- Mantenimiento plato de empuje.
- Mantenimiento de radiadores.
- Mantenimiento de enfriadores de aceite.

## **Apéndice B.** Procesos de operación y mantenimiento central de generación térmica

### **Mantenimiento y operación turbina de vapor:**

- Conductos de entrada de vapor a la turbina.
- Carcasa interior y exterior, anillos de alabes, anillos falsos, diafragmas.
- Acoplamientos de rotor.
- Rotores y ejes secundarios.
- Cojinetes y cojinetes de empuje.
- Sellos de aceite.
- Guías de deslizamiento de los pedestales delanteros e intermedio del generador.
- Válvulas de turbina (Válvulas de cierre, válvulas de control y válvulas de extracción, válvulas de derivación, válvulas de presión).
- Actuadores de válvulas.
- Circuitos de aceite de control de lubricación.
- Sistemas de control de prensaestopas de vapor.
- Engranaje de giro.

### **Mantenimiento y operación caldera de vapor:**

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Inspección externa:
  - Recorrido de frío/calor para revisar los colgadores y soportes en busca de condiciones de tensión o daños.
  - Comprobar el aislamiento en busca de daños o defectos.
  - Revisar las puertas de acceso y observación en busca de daños u obstrucciones.
  - Comprobar las juntas de dilatación en busca de daños o posibles signos de fugas.
  - Revisar buckstays y guías por desalinizaciones o daños.
  - Comprobar sopladores de hollín, líneas de vapor/agua, válvulas...) en busca de fugas y cualquier otra indicación.
  - Revisar las penetraciones de las tuberías y los revestimientos en busca de signos de daños.
  - Verificar daños en la instrumentación de la caldera, fugas
  - Comprobar la limpieza general.
- Inspección Interna de partes accesibles: (Si es posible por oportunidades de mantenimiento en la caldera):
  - Comprobar limpieza, desescoriado y ensuciamiento.
  - Comprobar daños en los quemadores.
  - Controlar tolvas y ceniceros.
  - Comprobar zonas refractarias.
  - Consultar ático.

### **Mantenimiento y operación turbogenerador:**

- Desmontaje:
  - Sistema de excitación giratorio (si lo hay).
  - Desmontaje de rotores.
  - Apertura de conexión de la caja de bornes (tanto en el lado de la línea como en el lado de la estrella).
  - Eliminación de enfriadores.
  - Abertura de registro de la caja de terminales.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Desmontaje completo de deflectores de gas.
- Desmontaje completo de los componentes de la caja de anillos colectores.
- Actividades sobre sistemas auxiliares (si procede):
  - Mantenimiento completo del sistema de hidrógeno, sistema de CO<sub>2</sub>, sistema de aceite de sello, estator sistema de agua de refrigeración.
  - Mantenimiento emocionante del sistema (estático o giratorio).
- Comprobación y pruebas de generadores:
  - Verificación de parámetros operativos antes del apagado (parámetro operativo, monitoreo sistema, análisis dinámico, monitoreo del rotor) y después de reiniciar.
  - Prueba eléctrica del rotor durante la parada (RSO, impedancia, resistencia de aislamiento)
- Devanado del estator:
  - Inspección visual de todos los componentes (bobinado, cuña, amarres, circular conexiones, sistema de arriostamiento, barras en las ranuras, conexión al sistema de refrigeración por agua).
  - Control de apriete de las cuñas.
  - Pruebas eléctricas (prueba de rigidez dieléctrica HV, resistencia óhmica, resistencia de aislamiento, PI, factor de potencia, capacitancia, descarga parcial).
  - Revisión del sistema hidráulico de refrigeración.
  - Para estator de hidrógeno refrigerado directamente: medición eléctrica entre componentes de barras (hilos de cobre, tubos de ventilación).
  - Limpieza
  - Prueba funcional de bobinado final (si hay evidencias de vibraciones o el problema de vibraciones es ya es sabido)
- Núcleo magnético:
  - Inspección visual.
  - Comprobación del apriete de las varillas axiales.
  - EL-CID o prueba de bucle.
  - Verificación del aislamiento de las varillas axiales.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Rotor:
  - Inspección visual
  - Medida eléctrica (impedancia, resistencia de devanado, resistencia de aislamiento, RSO).
  - NDT en anillos de retención, muñones de rotor, brida de acoplamiento, aspas de ventilador.
  - Prueba de fuga de hidrógeno.
  - Medidas geométricas.
  - Comprobación del sistema de tierra.
  - Limpieza.
- Cojinetes y sellos de hidrógeno:
  - Inspección visual.
  - Medidas geométricas.
  - Medición de la resistencia de aislamiento.
- Caja de bornes y conexiones:
  - Inspección visual.
  - Comprobación de permeabilidad de bujes.
  - Limpieza.
- Cepillos y porta escobillas:
  - Inspección visual.
  - Medidas geométricas.
  - Control de aislamiento.
  - Limpieza.
- Enfriadores:
  - Inspección visual.
  - Compensación.
  - Prueba de fugas.
- Recinto:
  - Inspección visual
  - Prueba de fugas

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Comprobación de alineación y holgura en:
  - Componentes mecánicos desmontados.
  - Entre generador y turbina.
  - Entre generador y excitador giratorio
  - Entre rotor y estator
- Sistema excitante giratorio:
  - Desmontaje.
  - Inspección.
  - Limpieza.

### **Mantenimiento y operación HRSG:**

Los principales componentes para revisar en la HRSG son los siguientes:

- Inspección externa:
  - Recorrido de frío/calor para revisar los colgadores y soportes en busca de condiciones de tensión o daños.
  - Comprobar el aislamiento en busca de daños o defectos.
  - Revisar las puertas de acceso y de observación en busca de daños.
  - Comprobar las juntas de dilatación en busca de daños o posibles signos de fugas.
  - Revisar buckstays y guías por desalinizaciones o daños.
  - Revisar las líneas de vapor/agua, las válvulas en busca de fugas y cualquier otra indicación.
  - Revisar las penetraciones de las tuberías y los revestimientos en busca de signos de daños.
  - Controlar la instrumentación de la caldera por daños, fugas, ...
  - Comprobar la limpieza general.
- Inspección Interna de partes accesibles: (Si es posible por oportunidades de mantenimiento en la caldera):
  - Comprobar limpieza.
  - Comprobar placas deflectoras y daños en los módulos.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Compruebe los espacios de aire muerto.
- Comprobar daños en el difusor GT.

### **Mantenimiento y operación tanques de almacenamiento y tuberías:**

- Mantenimiento predictivos y preventivos en el estado de la lámina.

### **Mantenimiento y operación plantas de agua:**

- Inspección resina en filtros catiónicos y aniónicos.
- Supervisión y cambio según el estado de los filtros en proceso de osmosis inversa.

## **Apéndice C. Procesos de operación y mantenimiento central de generación solar**

### **Mantenimiento y operación electromecánico:**

- Inspección visual de paneles por daños, visual de conectores, visual de cables y sujeción, visual de puesta a tierra, visual de la estructura por corrosión y estabilidad, visual de las marcas de apriete y muestreo de torque, visual del cableado DC por daños mecánicos, visual de conexiones y juntas, visual por arcos eléctricos.
- Pruebas de aislamiento de Strings defectuosos.
- Inspección de la UPS.
- verificación funcionalidad de la estación meteorológica.
- Termografías a paneles solares.
- Limpieza de paneles solares.
- Inspección visual de cercos, puertas y accesos por daños o signos de instrucción, sistemas de videovigilancia, estación de almacenaje y bombeo de agua para la limpieza de paneles y estación de agua potable.

### **Mantenimiento y operación Trackers:**

- Verificación e inspección de elementos de rotación, check de engrase a los motorreductores, consumo de energía eléctrica, placas de control, comunicaciones, fuentes, etc.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Verificación e inspección de sombras durante el backtracking (amanecer y anochecer).
- Verificación de oxidación en actuadores, acoples y engranajes, daños en actuadores motorecutoras.
- Inspección visual de las marcas de apriete y muestreos de torque.
- Mantenimiento de trackers según especificaciones de fabricantes.

### **Mantenimiento y operación en cabinas:**

- Verificación estado de luces de emergencia.
- Verificación en display, alarmas de los inversos.
- Inspección, comprobación y mantenimiento a inversores.
- Revisión en display el funcionamiento de ventiladores, mediante cambios bruscos de temperaturas en los termostatos.
- Verificación alarmas antincendios y sistemas antirroedores.
- Limpieza y apriete del tablero de bornes de control.
- Control termográfico de cajas combinadas DC, conexiones.
- Limpieza general para la eliminación de polvo y suciedad.
- Inspección visual de humedad y entradas de agua.
- Inspección y sustituciones de fusibles fundidos.
- Termografía transformador elevador y medición niveles de SF6.
- Verificación funcionamiento tarjetas SMP, drivers y demás.

### **Apéndice D. Procesos de operación y mantenimiento central de generación eólica**

#### **Mantenimiento y operación torres:**

- Revisión de la línea de vida.
- Revisión sistema post tesado.
- Realización probetas mortero – torre hormigón.
- Test mantenimiento línea de vida.
- Comprobación visual de la existencia de grietas, holguras y desperfectos en la exterior de la torre.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Comprobación de pernos.
- Limpieza de torres y limpieza de derrames de aceites.
- Inspección de daños por corrosión.

### **Mantenimiento y operación palas:**

- Engrase de rodamientos de pala.
- Inspección visual de palas desde el suelo.
- Reapriete de palas.
- Inspección del sistema de pararrayos.
- Utilaje alineación pala.
- Limpieza de palas.
- Inspecciones luego de tormentas eléctricas.

### **Mantenimiento y operación multiplicadora:**

- Comparación niveles de aceite multiplicadora.
- Tomas de muestras y cambios de aceites.
- Verificación sistemas de recirculación.
- Verificación separador de cadenas.
- Inspección visual de los espárragos de unión d ellos silent blocks.
- Comprobación mediante un calibre la distancia entre los dos anillos de acoplamiento.

### **Mantenimiento y operación generador:**

- Verificación instalación medición curva de potencia.
- Medidas de vibraciones en tren de potencia.
- Comprobación de grietas o desperfectos en las gomas de los silent block donde el generador va apoyado.
- Verificación visual que las trenzas de las patas del generador hagan buen contacto metálico con la carcasa.
- Verificación devanado del generador en estado parado.
- Inspección y comprobación de la máquina en marcha, para la observación y atención a ruidos extraños provenientes del interior del generador.

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

- Comprobación visual del estado del fuelle de expulsión de aire.
- Comprobación de alineación entre el generador con respecto al multiplicador [28].

**Apéndice E.** Procesos de operación y mantenimiento generales en centrales de generación eléctrica

### **Mantenimiento sistema transformadores de potencia:**

- Inspección de los tableros eléctricos e instrumentación.
- Verificación del actuación de las alarmas y protecciones del transformador hasta panel de control o alarmas/disparos.
- Pruebas eléctricas predictivas (tangente delta, relación de transformación, resistencia devanados, resistencia de aislamiento, pruebas de bujes de at).
- Análisis de aceites físico químico y cromatográfico, otros cuando aplique.
- Inspección y corrección fugas de aceite.

### **Supervisión y control sistema SCADA:**

- Arranque y parada de máquinas.
- Monitoreo de variables (temperatura, presiones, potencia).
- Control de carga, tensión en barras, AGC, entre otros.
- Seguimiento del estado de equipos asociados al proceso de generación.
- Alarmas y fallas de las unidades (registro de eventos).
- Generación y gestión de avisos de averías.

### **Mantenimiento sistema subestación de transmisión**

- Inspección visual y pruebas de funcionamiento de los mecanismos de accionamiento y varillaje.
- Verificación de los tiempos de cargue del resorte.
- Verificación calidad de gas y densidad SF<sub>6</sub>.
- Pruebas predictivas interruptor y seccionadores (tiempos de apertura y cierre, simultaneidad contactos, resistencia de contactos).

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

### Apéndice F. Ficha técnica Elios Flyability 2

<b>Dimensiones</b>	Esfera ~400 mm (~15,75 pulgadas)
<b>Peso</b>	< 1450 g; < 3,2 libras. Incluye batería, carga útil y protección
<b>Resistencia Al Viento</b>	3 m/s (Pilot assist); 9,85 ft/s 5 m/s (Sport mode); 16,4 ft/s
<b>Tiempo De Vuelo</b>	10min
<b>Sensores Control De Vuelo</b>	IMU, magnetómetro, barómetro, 7 sensores de visión y distancia
<b>Protección De Ingreso</b>	Resistente a salpicaduras y polvo
<b>Temperatura De Operación</b>	0 °C to 50 °C; 32 °F to 122 °F
<b>Resolución Grabación Video</b>	4k Ultra HD: 3840 x 2160 a 30 fps FHD: 1920 x 1080 a 30 fps
<b>Resolución Streaming Video</b>	FHD: 1920 x 1080 at 30 fps
<b>Cámara Térmica</b>	Lepton 3.5 FLIR
<b>Sensibilidad Cámara Térmica</b>	<50 mK
<b>Video Cámara Térmica</b>	160 x 120 a 9 fps
<b>Accesorio Lidar</b>	-
<b>Iluminación</b>	10.000 lúmenes
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://bit.ly/3D7I53X">https://bit.ly/3D7I53X</a>
<b>Precio Aproximado</b>	

### Apéndice G. Ficha técnica Elios Flyability 3

<b>Dimensiones</b>	48cm wide; 18.9 in; 38cm high; 13.8 in
<b>Peso</b>	2500 g (base E3 + 600 g / E3 LIDAR + 150g)
<b>Resistencia Al Viento</b>	5 m/s (Assist mode); 16.4 ft/s 7 m/s (Sport mode); 23 ft/s
<b>Tiempo De Vuelo</b>	12min y 30s
<b>Sensores Control De Vuelo</b>	IMU, magnetómetro, barómetro, lidar, 3 cámara de visión por computadora y sensor de distancia ToF
<b>Protección De Ingreso</b>	carga útil: resistente a salpicaduras y polvo. Carga útil LIDAR: IP68.
<b>Temperatura De Operación</b>	0°C a 50°C; 32 °F a 122 °F Válido para precondition de baterías entre 10°C y

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

	40°C
<b>Resolución Grabación Video</b>	4k Ultra HD: 3840 x 2160 at 30 fps FHD: 1920 x 1080 a 30 fps
<b>Resolución Streaming Video</b>	FHD: 1920 x 1080 at 30 fps
<b>Cámara Térmica</b>	Lepton 3.5 FLIR
<b>Sensibilidad Cámara Térmica</b>	<50 mK
<b>Video Cámara Térmica</b>	160 x 120 a 9 fps
<b>Accesorio Lidar</b>	Sensor de haces Ouster OS0-32
<b>Iluminación</b>	16.000 lúmenes
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://bit.ly/3ZRqebd">https://bit.ly/3ZRqebd</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 73,863.02 USD

### Apéndice H. Ficha técnica Asio Flybotix

<b>Dimensiones</b>	Altura 290 mm
<b>Peso</b>	1 kg
<b>Tiempo De Vuelo</b>	24 min
<b>Sensores Control De Vuelo</b>	Algoritmos de bloqueo de pared y escaneo de pared, suavizando y automatizando sus inspecciones.
<b>Temperatura De Operación</b>	0°C a 40°C; 32 °F a 104 °F
<b>Resolución Grabación Video</b>	Sensor 4K de alta definición de Sony
<b>Cámara Térmica</b>	No tiene
<b>Iluminación</b>	10.000 lúmenes
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://flybotix.com/asio-drone/">https://flybotix.com/asio-drone/</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 30,000.00 USD

### Apéndice I. Ficha técnica BlueROV2

<b>Dimensiones</b>	Ancho: 338 mm (13.3 in) Altura: 254 mm (10 in) Longitud: 457 mm (18 in)
<b>Peso</b>	11-12 kg
<b>Material Cuerpo</b>	Marco de HDPE, bridas/tapa de aluminio y acrílico o tubos de aluminio

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

<b>Profundidad</b>	300 m (984 pies)
<b>Cámara</b>	Resolución: 1080p Campo de visión de la cámara: 110 grados horizontalmente Rango de inclinación: +/- 90 grados de inclinación de la cámara (rango total 180) Servo de inclinación: Hitec HS-5055MG
<b>Luces</b>	2 o 4 x 1500 lúmenes cada uno con control de atenuación
<b>Sensores</b>	Giroscopio 3-DOF, acelerómetro 3-DOF, magnetómetro 3-DOF, barómetro interno, Blue Robotics Bar 30 Sensor de presión/profundidad y temperatura (externo), detección de corriente y voltaje, detección de fugas Sensor OD: O2 aguas arriba y aguas abajo.
<b>Funcionamiento</b>	Hasta 6 horas
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.dropbox.com/s/0j0puotbfs7dj9s/br_blurov2_datasheet_rev2022-R4ROV.pdf?dl=0">https://www.dropbox.com/s/0j0puotbfs7dj9s/br_blurov2_datasheet_rev2022-R4ROV.pdf?dl=0</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 31,929.00 USD

### Apéndice J. Ficha técnica Revolution ROV

<b>Dimensiones</b>	Ancho: 440 mm (17,3") Altura: 235 mm (9,3") Longitud: 717 mm (28,2")
<b>Peso</b>	26 kg (57 libras)
<b>Material Cuerpo</b>	Aluminio mecanizado anodizado, fibra de carbono, acero inoxidable y espuma de flotabilidad
<b>Profundidad</b>	305 m (1000 pies)
<b>Temperatura De Funcionamiento</b>	-10°C a 50°C (14°F – 122°F)
<b>Video</b>	Alta HD 1080P 1920x1080, 30FPS 0,001 lux, rango de visión total de 260°
<b>Imagen</b>	JPG 8mp, sensor: Sony, 1/2.5", Lente: Lente: 2.3mm F2.8
<b>Luces</b>	LED de alta eficiencia. Totalmente regulable, 8400 - 11800 lúmenes
<b>Funcionamiento</b>	Hasta 6 horas
<b>Sensores</b>	Profundidad, temperatura y rumbo Sensor OD: O2 aguas arriba y aguas abajo.
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.deeptrekker.com/resources/revolution-rov-spec-sheet">https://www.deeptrekker.com/resources/revolution-rov-spec-sheet</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 90,000.00 USD

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

### Apéndice K. Ficha técnica PRO 4 Plus ROV

<b>Dimensiones</b>	Ancho: 28,9 cm (11,4 pulgadas) Altura: 22,3 cm (8,75 pulgadas) Longitud: 37,5 cm (14,75 pulgadas)
<b>Peso</b>	6,1 kg (13,5 libras)
<b>Profundidad</b>	100 m (328 pies)
<b>Cámara</b>	Alta resolución - Formato NTSC Color y Blanco y Negro Amplio rango dinámico Obturador lento digital Balance de blancos Más de 20 configuraciones de cámara en tiempo real
<b>Sensibilidad</b>	Modo de color 0,4 lux/30 IRE @ F1.2/AGC máx. Modo blanco y negro 0,001 lux DSS
<b>Luces</b>	3600 lúmenes por luz (7200 total)
<b>Sensores</b>	Acelerómetro: Brújula con compensación de inclinación 3D Indicador de fuga: Temperatura interna Sensor de profundidad: MEMS Gyro Temperatura del agua: Voltaje del sistema
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.gdiving.com/wp-content/uploads/2016/08/Spec-Sheet_VideoRay-Pro-4-2.pdf">https://www.gdiving.com/wp-content/uploads/2016/08/Spec-Sheet_VideoRay-Pro-4-2.pdf</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 92,758.00 USD

### Apéndice L. Ficha técnica Realwear Navigator 500

<b>Peso</b>	9,42 oz/270 g
<b>Display</b>	Campo de visión de 20°, LCD de color de 24 bits, 0,32 pulgadas de diagonal y se puede ver en exteriores
<b>Resolución</b>	WVGA (854 × 480)
<b>Sistema Operativo</b>	Android 11 (AOSP) + interfaz de manos libres WearHF™ + funciones empresariales
<b>Conectividad Y Sensores</b>	Bluetooth® 5.1 Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac - 2,4 GHz y 5 GHz

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

	GPS y ubicación IMU de rastreo de movimiento de cabeza
<b>Puertos</b>	1/8" / 3.5mm audio, 1 USB Tipo-C
<b>Temperatura Y Humedad</b>	De -4 °F a +131 °F/-20 °C a +55 °C, de 5 a 95 % de humedad relativa (sin condensación)
<b>Protección</b>	Certificación de IP66, MIL-STD-810H, para caídas desde 6,5 pies/2 metros
<b>Micrófono</b>	4 micrófonos digitales con cancelación activa de ruido Reconocimiento de voz preciso en ruido de hasta 100 dBA
<b>Altavoz</b>	Altavoz interno de 94 dBA
<b>Cámara</b>	Sensor de 48 MP, PDAF con linterna LED
<b>Video</b>	Hasta 1080p @ 60fps, zoom >6X en HD, estabilización de video. códecs: VP8, VP9, H.264, H.265 HEVC
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.ayes.cz/wp-content/uploads/2021/12/RealWear_Navigator_500_-_Data_Sheet_EN_.pdf">https://www.ayes.cz/wp-content/uploads/2021/12/RealWear_Navigator_500_-_Data_Sheet_EN_.pdf</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 2,500.00 USD

### Apéndice M. Ficha técnica Oculus Quest 2

<b>Peso</b>	503 g
<b>Display</b>	Binocular LCD de interruptor rápido único
<b>Resolución</b>	1832 x 1920 por ojo; 120 Hz
<b>Sistema Operativo</b>	Androide 10; Qualcomm Snapdragon XR2; Octa-core Kryo 585 (1 de 2,84 GHz, 3 de 2,42 GHz, 4 de 1,8 GHz); Adreno 650
<b>Conectividad Y Sensores</b>	Vídeo inalámbrico: Transmisión WiFi (Escritorio virtual, AirLink) Wifi: Wi-Fi 6 Bluetooth: Bluetooth 5.0 LE
<b>Puertos</b>	USB Tipo-C
<b>Altavoz</b>	Altavoces estéreo integrados

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

<b>Controladores</b>	Controladores: 2 x Oculus Touch (tercera generación) 6 DoF  Peso: 126 gramos  Métodos de entrada: Botones frontales capacitivos, joystick capacitivo, panel táctil capacitivo, gatillo de índice capacitivo, gatillo de dedo medio  Seguimiento de dedos: Seguimiento parcial de dedos y pulgares a través de sensores capacitivos.  Baterías: Batería AA de 30 horas de duración
<b>Funcionamiento</b>	3640 mAh; 3 horas
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.meta.com/quest/products/quest-2/tech-specs/">https://www.meta.com/quest/products/quest-2/tech-specs/</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 399.99 USD

### Apéndice N. Ficha técnica Hololens 2

<b>Peso</b>	566g
<b>Display</b>	Lentes holográficas transparentes (guías de ondas)
<b>Resolución</b>	Motores de luz 2k 3:2
<b>Densidad Holográfica</b>	>2.5k radiantes (puntos de luz por radian)
<b>Sistema Operativo</b>	SoC: Plataforma informática Qualcomm Snapdragon 850 HPU: Unidad de procesamiento holográfico personalizada de segunda generación.
<b>Conectividad</b>	WiFi 5 (802.11ac 2x2); Bluetooth 5.0
<b>Sensores</b>	Seguimiento de la cabeza: 4 cámaras de luz visible Registro visual: 2 cámaras de infrarrojos Profundidad: Sensor de profundidad de tiempo de vuelo (ToF) de 1 MP IMU: Acelerómetro, giroscopio, magnetómetro
<b>Puertos</b>	USB tipo C
<b>Entendimiento</b>	Seguimiento de manos: Modelo a dos manos totalmente articulado, manipulación directa Registro visual: Seguimiento en tiempo real. Voz: Comando y control en el dispositivo.
<b>Micrófono</b>	5 canales
<b>Altavoz</b>	Auriculares Bluetooth Mobilus mobiWAN_TR de conducción ósea
<b>Cámara</b>	Imágenes fijas de 8 MP, video de 1080p30

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware">https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 5,492.00 USD

### Apéndice O. Ficha técnica ANYmal

<b>Dimensiones</b>	80 × 60 × 70 cm
<b>Cámara</b>	Zoom óptico de 20 aumentos, térmico, micrófono y reflector
<b>Cámaras De Teleoperación</b>	2 cámaras a color gran angular
<b>Mapeo Del Entorno</b>	LiDAR 360°
<b>Detección De Obstáculos</b>	6 X Cámaras de profundidad
<b>Sistema Operativo</b>	Ubuntu, ROS
<b>Conectividad</b>	WI-FI Y 4G/LTE (Opcional)
<b>Carga Útil</b>	Hasta 15Kg
<b>Batería</b>	Autonomía de 90min (Intercambiable)
<b>Accesorios</b>	Cargador, estación de acoplamiento, control remoto, caja de transporte
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.anybotics.com/anymal-specifications-sheet/">https://www.anybotics.com/anymal-specifications-sheet/</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 200,000.00 USD

### Apéndice P. Ficha técnica SPOT

<b>Dimensiones</b>	Length: 250 mm (9.8 in) Width: 190 mm (7.5 in) Height: 84 mm (3.3 in)
<b>Peso</b>	2000 g (4.4 lbs)
<b>Cámara</b>	RGB y ZOOM 30x
<b>Tarjeta Madre</b>	i5 Intel® 8th Gen (Whiskey lake U) Core™ CCG Lifecycle
<b>Memoria Ram</b>	16 GB DDR4 2666 MHz

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

<b>Almacenamiento Primario</b>	512 GB SSD
<b>Sistema Operativo</b>	Ubuntu Desktop 18.04 LTS 64-bit
<b>Temperatura De Funcionamiento</b>	0 a 50°C
<b>Puertos</b>	3x USB 3.0, 2x USB 2.0, HDMI, Ethernet, RS232 Serial, 2x DisplayPort
<b>Sensores</b>	Sensor térmico Detección de fugas Escaneo laser
<b>Especificaciones Técnicas (EETT)</b>	<a href="https://www.bostondynamics.com/sites/default/files/inline-files/spot-specifications.pdf">https://www.bostondynamics.com/sites/default/files/inline-files/spot-specifications.pdf</a>
<b>Precio Aproximado</b>	\$ 99,200.00 USD

### Apéndice Q. Evaluación instrumento de decisión drone de interiores

		<b>Decisión a tomar</b>	<b>¿Qué Robot comprar?</b>		
			<b>Opciones</b>	Elios Flyability 2	Elios Flyability 3
<b>Aspectos</b>		Importancia (0-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)
1	Inversión	3	2	1	3
2	Inversión recurrente	3	1	2	3
3	Mantenimiento	3	3	2	1
4	Regulaciones	3	1	1	1
5	Beneficio para empresa (€)	3	2	3	1
6	Beneficio ambiental (CO2)	3	3	3	3
7	Viabilidad	3	3	1	2
8	Durabilidad	3	3	2	1
9	Rendimiento	3	2	3	1
10	Resistencia	3	3	3	1
11	Autonomía	3	1	2	3
12	Experiencia de la empresa	3	3	3	2
13	SopORTE técnico	3	3	3	2
14	Grado de innovación	3	3	3	2
15	Grado de necesidad	3	3	3	2
<b>Puntos acumulados</b>			36	35	28

# SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

## Apéndice R. Evaluación instrumento de decisión ROV

		Decisión a tomar	¿Qué Robot comprar?		
			BlueROV2	Revolution ROV	VideoRay
Aspectos		Importancia (0-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)
1	Inversión	3	3	2	1
2	Inversión recurrente	3	3	3	3
3	Mantenimiento	3	3	2	2
4	Regulaciones	3	3	3	3
5	Beneficio empresa (€)	3	2	3	1
6	Beneficio ambiental (CO2)	3	3	3	3
7	Viabilidad	3	3	2	1
8	Durabilidad	3	3	3	2
9	Rendimiento	3	2	3	1
10	Resistencia	3	2	3	2
11	Autonomía	3	3	3	2
12	Experiencia de la empresa	3	2	2	2
13	Soporte técnico	3	3	2	2
14	Grado de innovación	3	2	3	3
15	Grado de necesidad	3	3	2	2
<b>Puntos acumulados</b>			40	39	30

## Apéndice S. Evaluación instrumento de decisión Smartglasses

		Decisión a tomar	¿Qué Robot comprar?		
			Realwear Navigator 500	Oculus Quest 2	Hololens 2
Aspectos		Importancia (0-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)	¿Cumple? (1-3)
1	Inversión	3	2	3	1
2	Inversión recurrente	3	3	1	2
3	Mantenimiento	3	1	1	3
4	Regulaciones	0	1	1	1
5	Beneficio empresa (€)	3	2	1	3
6	Beneficio ambiental (CO2)	3	3	3	3
7	Viabilidad	3	3	1	2
8	Durabilidad	3	3	1	2

## SCOUTING DE ROBOTIZACIÓN EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

9	Rendimiento	3	2	2	3
10	Resistencia	3	3	1	2
11	Autonomía	3	2	1	3
12	Experiencia de la empresa	3	3	2	3
13	Soporte técnico	3	3	2	3
14	Grado de innovación	3	2	1	3
15	Grado de necesidad	3	3	2	3
<b>Puntos acumulados</b>			35	22	36

### Apéndice T. Evaluación instrumento de decisión robot cuadrúpedo

		Decisión a tomar		¿Qué Robot comprar?	
		Opciones		ANYmal	SPOT
Aspectos		Importancia (0-3)	¿Cumple? (1-2)	¿Cumple? (1-2)	
1	Inversión	3	1	2	
2	Inversión recurrente	3	2	2	
3	Mantenimiento	3	1	1	
4	Regulaciones	3	2	2	
5	Beneficio empresa (€)	3	1	2	
6	Beneficio ambiental (CO2)	3	2	2	
7	Viabilidad	3	1	2	
8	Durabilidad	3	1	2	
9	Rendimiento	3	2	1	
10	Resistencia	3	2	1	
11	Autonomía	3	1	2	
12	Experiencia de la empresa	3	1	2	
13	Soporte técnico	3	1	2	
14	Grado de innovación	3	2	1	
15	Grado de necesidad	3	1	2	
<b>Puntos acumulados</b>			21	26	