

Plan de Lección

SIMULADOR

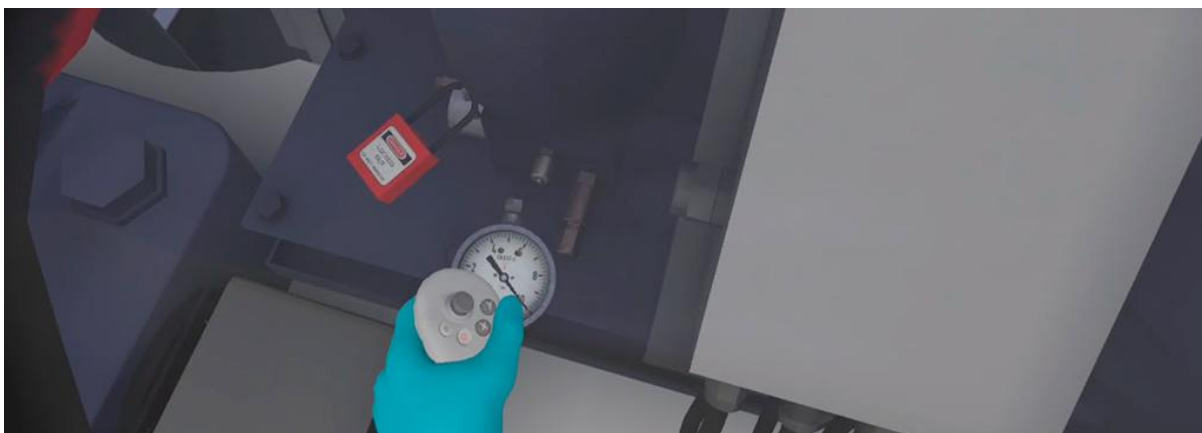
Aerogenerador II Seguridad y Procedimientos LOTO



Contenido Plan de Lección:

Contenido Plan de Lección:	2
1. Ficha técnica – Aerogen. II Seguridad y Procedimientos LOTO	3
2. Objetivos de la Lección	5
3. Actividades Complementarias	6
3.1. Comparación de Protocolos de Seguridad	6
3.2. Secuencias LOTO	7
4. Soluciones a las Actividades Complementarias	8
4.1. Comparación de Protocolos de Seguridad	8
4.2. Secuencias LOTO	9
5. Para Debatir	10

1. Ficha técnica – Aerogen. II Seguridad y Procedimientos LOTO



Nombre del simulador	Simulador Aerogen. II – Seguridad y Procedimientos LOTO
Actividades de la lección	Explicación, identificación y equipamiento de EPIs Procedimientos LOTO en mantenimiento de aerogenerador
Duración aproximada	120 min
Áreas de estudio	Prevención de Riesgos, Operación y Mantenimiento de aerogeneradores, Sistemas de supervisión remota, Sistemas eléctricos e hidráulicos
Temas cubiertos	Protocolos LOTO · Equipos de Protección Individual · Parada y Arranque del Aerogenerador · Bloqueo del rotor · Despresurización y presurización de sistemas hidráulicos · Corte y restablecimiento de energía en celdas media tensión · Bloqueo eléctrico · Gestión de alarmas · Centros de control

Tras completar las lecciones del **curso introductorio al simulador** en **Campus Innovaeg** y practicar con él, el docente estará listo para presentarlo a sus alumnos e incorporarlo en su práctica docente, aprovechando la realidad virtual como una herramienta para mejorar el compromiso de los estudiantes y potenciar la retención del conocimiento.

Este documento complementa la **lección 5** del curso, ofreciendo actividades de refuerzo pensadas para que los alumnos profundicen en los contenidos del simulador. Además, se promueve el análisis crítico invitando a los alumnos a debatir sobre la **eficacia de los procedimientos LOTO y el papel de las verificaciones internas y externas** en la seguridad de los trabajos de alto riesgo.



2. Objetivos de la Lección

A lo largo de esta lección, se espera que los alumnos adquieran la capacidad de **aplicar de manera ordenada los procedimientos LOTO en aerogeneradores** y utilizar correctamente los EPIs según el tipo de riesgo. Esto incluye la ejecución segura de consignaciones eléctricas, hidráulicas y mecánicas en los distintos componentes del aerogenerador.

Al finalizar la sesión, los participantes serán capaces de **coordinar operaciones con el centro de control siguiendo protocolos de autorización y seguridad y verificar el estado de energía cero** antes de iniciar cualquier intervención.

El objetivo principal es que los estudiantes desarrollen competencias profesionales en seguridad y mantenimiento de aerogeneradores, **comprendiendo cómo los distintos protocolos de consignación, el uso de EPIs y la coordinación operativa garantizan la protección de las personas y la fiabilidad de la instalación.**

Antes de empezar con el simulador, es recomendable que los estudiantes dispongan de **conocimientos previos básicos en electricidad** aplicada a instalaciones industriales y **nociones fundamentales de prevención de riesgos laborales**, de modo que puedan contextualizar los procedimientos y comprender la importancia de las medidas de seguridad aplicadas.

3. Actividades Complementarias

A continuación, se presenta una serie de actividades complementarias que puede enriquecer la práctica durante la sesión. Estas actividades se pueden realizar una vez finalizada la práctica con el simulador o mientras los participantes esperan su turno.

3.1. Comparación de Protocolos de Seguridad

Haz un breve análisis por escrito en el que expliques en qué se diferencian los siguientes protocolos de seguridad:

- **Consignación eléctrica.** Ejemplos: corte y bloqueo de celdas de media tensión, conexión a tierra.
- **Consignación hidráulica.** Ejemplos: despresurización del circuito hidráulico, bloqueo de válvulas.
- **Consignación mecánica.** Ejemplos: bloqueo del rotor con bulones, inmovilización de palas en bandera.

En la explicación se debe incluir: el riesgo que se pretende evitar en cada caso, un procedimiento clave que garantiza la seguridad y una breve reflexión de qué podría ocurrir si ese protocolo no se realiza correctamente.

Protocolo y riesgo a evitar	Procedimientos clave	Consecuencias
Consignación Eléctrica – Electrocución o reactivación accidental de equipos en tensión.	Corte de la celda de media tensión...	Un operario podría recibir una descarga de alta tensión ...
Consignación Hidráulica – Fugas de fluido a presión
Consignación Mecánica

3.2. Secuencias LOTO

En primer lugar, deberás ordenar los pasos de la siguiente secuencia para intervenir en el rotor en condiciones seguras:

- Colocar el rotor en posición bandera desde HMI.
- Comunicar y solicitar permiso al centro de control.
- Equiparse con EPIs según la tarea.
- Bloqueo mecánico: insertar bulones en eje lento / topes de palas.
- Aplicar freno hidráulico y verificar parada.
- Registrar/etiquetar la consignación (tag) y habilitar el acceso.
- Descargar carga estática: colocar pinzas a tierra en punto de acceso.
- Verificar energía cero (sin giro, freno aplicado, bloqueo colocado, descarga hecha).

En la segunda parte de esta actividad deberás completar la siguiente plantilla, añadiendo el **verbo de acción** y la **verificación** para cada paso del **corte y establecimiento en celda de MT**:

1. _____ al centro de control. Verificación: _____.
2. _____ los EPIs eléctricos. Verificación: _____.
3. _____ la celda. Verificación: _____.
4. _____ físicamente con candado y etiquetar. Verificación: _____.
5. _____ ausencia de tensión. Verificación: _____.
6. _____ la celda. Verificación: _____.
7. Trabajo _____. Mantener control de _____ y zona balizada.
8. Restablecer: _____ candado y tierras, y _____ celda. Comunicar y poner en servicio. Verificación: _____.

4. Soluciones a las Actividades Complementarias

A continuación, se ofrece una guía con posibles respuestas a las cuestiones planteadas en las actividades complementarias:

4.1. Comparación de Protocolos de Seguridad

La tabla siguiente identifica para cada situación propuesta, las posibles causas técnicas o de proceso y la acción correctiva o preventiva más adecuada.

Protocolo y riesgo a evitar	Procedimientos clave	Consecuencias
Consignación Eléctrica – Electrocución o reactivación accidental de equipos en tensión.	Corte de la celda de media tensión, conexión a tierra con llave articulada y bloqueo físico con candado.	Un operario podría recibir una descarga de alta tensión o trabajar en un sistema que se reactive de forma remota.
Consignación Hidráulica – Fugas de fluido a presión, fallos de componentes hidráulicos o movimientos bruscos del rotor por presión residual.	Interrupción del suministro eléctrico al motor hidráulico, apertura y bloqueo de la válvula para despresurizar el circuito.	El operario se expone a fugas violentas, roturas de latiguillos o liberaciones de energía que pueden provocar lesiones graves.
Consignación Mecánica – Movimientos inesperados del rotor o de las palas durante el mantenimiento.	Colocación de las palas en posición bandera, aplicación del freno hidráulico y bloqueo físico con bulones en el eje lento o topes en las palas.	El rotor podría girar por acción del viento y provocar atrapamientos, golpes o caídas del personal que trabaja en el aerogenerador.

4.2. Secuencias LOTO

Para intervenir en el rotor en condiciones seguras se deberán seguir los pasos indicados en el siguiente orden:

1. Comunicar y solicitar permiso al centro de control.
2. Equiparse con EPIs según la tarea.
3. Colocar el rotor en posición bandera desde HMI.
4. Aplicar freno hidráulico y verificar parada.
5. Bloqueo mecánico: insertar bulones en eje lento / topes de palas.
6. Descargar carga estática: colocar pinzas a tierra en punto de acceso.
7. Verificar energía cero (sin giro, freno aplicado, bloqueo colocado, descarga hecha).
8. Registrar/etiquetar la consignación (tag) y habilitar el acceso.

A continuación, se presenta la plantilla completa con los pasos para el **corte y establecimiento en celda de MT** correspondientes a la segunda parte de la actividad:

1. **Comunicar y pedir permiso** al centro de control. Verificación: **Autorización registrada.**
2. **Equiparse con** los EPIs eléctricos. Verificación: **Chequeo visual y fecha de ensayo.**
3. **Abrir (seccionador/interruptor)** la celda. Verificación: **Indicadores de posición abiertos.**
4. **Conectar a tierra la celda** la celda con **llave articulada.** Verificación: **Indicador de tierra activo.**
5. **Bloquear** físicamente con candado y etiquetar. Verificación: **Candado y tag a la vista, custodia asignado.**
6. **Comprobar** ausencia de tensión. Verificación: **Medición cero con detector homologado.**
7. Trabajo **seguro.** Mantener control de **llaves** y zona balizada.
8. Restablecer: **Retirar** candado y tierras, y **cerrar** celda. Comunicar y poner en servicio. Verificación: **Confirmación operativa.**

5. Para Debatir

Antes de concluir la sesión, se puede abrir un espacio para el **debate y la reflexión**, invitando al alumnado a adoptar diferentes puntos de vista y argumentar sus posiciones en torno a los **sistemas de verificación** para comprobar que todas las fuentes de energía están aisladas antes de realizar las tareas de mantenimiento.

El objetivo es fomentar la reflexión crítica sobre **hasta qué punto la seguridad depende de la disciplina individual y hasta qué punto debería reforzarse con mecanismos externos de control** para garantizar la integridad del procedimiento LOTO. Aunque la mayoría de empresas dispone de protocolos internos, en la práctica la verificación suele quedar en manos del propio técnico o de su supervisor inmediato. Esto puede dar lugar a inconsistencias, omisiones o negligencias involuntarias.

A continuación, se ofrecen posibles enfoques a favor de cada postura.

Argumentos a favor de la verificación externa:

En la práctica pueden ser de origen organizativo, tecnológico o procedimental. Algunos ejemplos son:

- Auditorías externas (por ejemplo, certificación ISO 45001) y auditorías cruzadas entre plantas.
- Inspecciones regulatorias no anunciadas y revisiones por aseguradoras.
- Sensores de posición en seccionadores, enclavamientos de puertas y detectores permanentes de tensión en celdas (no se abre si no hay puesta a tierra)
- Checklist validados por software. Por ejemplo, foto georreferenciada de la puesta a tierra, número de candado y lectura de manómetro de 0 bar.
- Precintos inviolables en puntos críticos (por ejemplo, válvula hidráulica) que obligan a documentar su rotura y reposición.
- Ensayo funcional documentado, como prueba de ausencia de tensión con equipo calibrado y captura de resultado.
- Control de llaves centralizado.

Veamos a continuación argumentos a favor de esta postura:

Mayor objetividad. Un verificador independiente no está sometido a la presión del plazo ni a la costumbre local.

Reducción de errores humanos mediante barreras técnicas y administrativas. Los errores típicos, como la omisión de un paso o confusión de equipos, se capturan con *interlocks* y *checklist* obligatorias.

Refuerzo de la cultura de seguridad. Saber que hay verificación externa eleva el estándar: se documenta, se mide y se habla de seguridad.

Trazabilidad y responsabilidad claras. La verificación externa deja un rastro auditable (quién validó, cuándo, con qué evidencias).

Protección del técnico frente a presiones operativas. La verificación externa actúa como un escudo cuando hay prisa. Por ejemplo, ante una urgencia de producción, el técnico puede apoyarse en el interlock del PTW evitando atajos de riesgo.

Argumentos a favor de la verificación interna:

Este tipo de verificación consiste en procedimientos dentro del propio equipo de trabajo. Citemos algunos ejemplos:

- Doble firma del propio equipo de mantenimiento, verificación cruzada entre compañeros y supervisor inmediato como validador.
- Checklist en papel firmadas y archivadas localmente en la planta.
- Capacitación recurrente, en la forma de simulacros y formaciones internas.

Algunos argumentos a favor de esta postura:

Mayor agilidad operativa. Se evitan retrasos, sobre todo en tareas rutinarias o emergencia. Por ejemplo, si un técnico debe restablecer de forma rápida un aerogenerador antes de una tormenta, depender de validaciones externas podría retrasar la maniobra y aumentar el riesgo.

Conocimiento profundo del estado real del equipo y de la planta por parte del personal interno. Este conocimiento ayuda a evitar interpretaciones erróneas que un verificador externo podría pasar por alto.

Flexibilidad y adaptación para ajustar los procedimientos según condiciones específicas y evitando esperas innecesarias.

Responsabilidad directa del técnico y refuerzo de la cultura de equipo. Se refuerza la disciplina profesional al no depender de otro para confirmar que se ha hecho las cosas bien. Por otro lado, en sistemas de verificación por pares se fomenta una cultura del cuidado mutuo.