

Simulador de Carretilla Elevadora Sistema Instruccional Colaborativo



Índice

El simulador como solución de aprendizaje.....	2
¿Por qué un simulador de carretilla elevadora?	2
¿Cómo afrontar la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19?.....	4
Descripción del simulador	5
Descripción general del simulador de carretilla elevadora	5
Características principales.....	6
Especificaciones de un Simulador de Carretilla Elevadora Avanzado.....	7
Sistema instruccional basado en simulación.....	10
Motor de simulación en tiempo real	11
Diseño Instruccional.....	12
El Laboratorio de Simulación y Modelado	22
.....	23

El simulador como solución de aprendizaje

El objetivo principal del simulador como entrenador es que los usuarios aprendan a utilizar máquinas reales, sin la necesidad de utilizar tales máquinas.

Dado que la repetición es la base principal para adquirir las directrices psicomotoras, el operador debe realizar ejercicios o maniobras determinadas en varias ocasiones para el aprendizaje adecuado. Del mismo modo, la adquisición de nuevas habilidades requiere la exposición a una variedad de situaciones, tales como trabajar en condiciones adversas o bajo presión, con exigencias de rendimiento superiores o de mayor precisión que en el trabajo real.

Por eso, el uso de las máquinas reales para el aprendizaje tiene desventajas importantes.

- Coste: disponer de máquinas a disposición del aprendizaje tiene un gasto elevado.
- Riesgo: ciertos ejercicios beneficiosos desde el punto de vista del aprendizaje entrañan un gran riesgo, incluso pueden ser irrealizables en un escenario real.

El simulador permite la repetición de ejercicios y prácticas, trabajando en una gran variedad de condiciones (condiciones climáticas, ritmo de trabajo, etc.), permitiendo también la exposición a incidentes de cualquier tipo que no son viables con máquinas reales. Todo ello convierte a los sistemas instruccionales basados en simulación en herramientas muy valiosas en la prevención de riesgos y seguridad.

El uso de un simulador para el entrenamiento también posibilita el seguimiento detallado de los aprendices por un equipo de expertos, tanto en la operación de las máquinas como en métodos pedagógicos y aprendizaje.

Para ello, seguimos una metodología de trabajo con herramientas que permiten la creación de situaciones de explotación dirigidas por el instructor. El simulador proporciona una realidad experimental definitiva que sirve para:

- Mostrar: el simulador permite realizar demostraciones de manejo por operadores expertos, como una primera toma de contacto en el proceso de aprendizaje.
- Instruir: el alumno adquiere la formación en manejo, y la forma correcta de operar.
- Practicar: mediante las indicaciones oportunas, el alumno deberá ejercitarse en las diversas operaciones y tareas de forma reiterada, asimilando las nociones para una correcta ejecución.
- Evaluar: el simulador es una herramienta objetiva para determinar si el alumno ha adquirido los conocimientos y desarrollado las habilidades que se precisan para manejar una máquina real, controlando los riesgos inherentes a la operación.

En definitiva, los simuladores para entrenamiento de LSyM disponen de una concepción educativa completa, guiando tanto al alumno como al instructor, aprovechando la experiencia de éste, maximizando la capacidad de aprendizaje de los usuarios.

¿Por qué un simulador de carretilla elevadora?

El entrenamiento de operadores de carretillas elevadoras conlleva diferentes problemas tanto desde una perspectiva económica como desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales.

Por una parte, la utilización de equipos pesados de carga y descarga para tareas de entrenamiento supone un alto coste debido a la reducción de productividad que conlleva, así como de los costes energéticos asociados.

Por otra, la utilización de estos equipos por un usuario inexperto implica un mayor desgaste para la maquinaria, aumentando la frecuencia de averías, además de suponer un mayor riesgo de accidente.

La utilización de simuladores de maquinaria pesada para tareas de aprendizaje y entrenamiento proporciona una solución a estos inconvenientes y se presenta como una herramienta muy valiosa en el marco de la formación de operarios, tanto desde el punto de vista económico como de seguridad.

Además, un simulador es una herramienta que, aparte de realizar labores de formación puramente operacionales, proporciona múltiples posibilidades de valor añadido:

- Reducción del tiempo de formación, puesto que se emplean diseños instruccionales que favorecen la asimilación de habilidades en la secuencia adecuada.
- Posibilidad de repetir un determinado ejercicio tantas veces como el instructor considere necesario sin necesidad de asumir los gastos asociados a la utilización de la máquina real.
- Utilización de la maquinaria en situaciones excepcionales: operación con máquinas averiadas, condiciones extremas del entorno y operación en situaciones de presión.
- Entrenamiento de los operarios para que sepan reaccionar ante situaciones de emergencia y averías de la maquinaria.
- Entrenamiento de operarios experimentados, corrigiendo y mejorando sus habilidades para mejorar su productividad en la máquina real.
- Evaluación objetiva y fiable de los aprendices facilitando la realización de pruebas de aptitud.
- Entrenamiento de los hábitos de los usuarios durante la operación, que mejoran el rendimiento y reducen las averías de la maquinaria.
- Realización de tareas de selección de personal, permitiendo realizar test de habilidad y de conocimientos de la operación.
- Formación de controladores mediante ejercicios en los que las instrucciones pueden darse desde el puesto del instructor por otro aprendiz, utilizando planes operativos reales.
- Seguimiento automatizado de los asistentes a las sesiones de entrenamiento y aprendizaje por medio de la base de datos integrada en el sistema.

Por todo ello el simulador de carretilla elevadora incrementa en gran medida la calidad de la enseñanza, tanto para operadores con experiencia como para el alumnado de ciclos formativos de Formación Profesional Básica o de grado medio, reforzando, mejorando y consolidando su aprendizaje. El simulador permite adquirir y actualizar las competencias profesionales necesarias para un exitoso desempeño laboral empleando nuevas tecnologías.

¿Cómo afrontar la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19?

El sistema de formación que se presenta permite aislar el entrenamiento del futuro operador mejorando así las condiciones sanitarias del centro de formación. Nuestros simuladores incorporan un puesto de instructor remoto, de forma que el formador puede interactuar con el simulador a través de su ordenador que estará colocado en un extremo del aula de formación. De esta manera es sencillo aislar cada uno de los puestos y mantener siempre la distancia de seguridad.

Descripción del simulador

Descripción general del simulador de carretilla elevadora

El sistema instruccional de carretilla elevadora desarrollado por LSyM está basado principalmente en el uso de un simulador de bajo coste, que puede utilizarse sobre un equipo informático convencional, y que permite su utilización en múltiples puestos dentro del aula de formación.

El simulador incorpora un entorno altamente inmersivo, constituyendo una herramienta ideal para el desarrollo de las habilidades de los operadores, proporcionando contenidos para entrenar sus rutinas de trabajo y prepararlos para el manejo de la máquina real. El simulador reproduce fielmente el entorno de trabajo habitual de este tipo de máquinas, para lo que se ha modelado un completo almacén, con patio exterior, muelles de carga, rampas, nave con estanterías interiores y áreas de apilado de diversas cargas. Opcionalmente se puede disponer de otros entornos.



El simulador de LSyM emplea carretillas elevadoras con motores eléctricos y motores diesel. Adicionalmente también incluye una transpaleta eléctrica con conductor.



Características principales

- **Incluye también un simulador de Transpaleta Eléctrica.**
- Permite trabajar con diferentes modelos de carretillas elevadoras y varios tipos de carga.
- Permite varios escenarios: maniobras, bodegas, parqueos, almacén tipo supermercado.
- Las especificaciones técnicas se parametrizan para cubrir todas las posibilidades de funcionamiento con cualquier modelo de carretilla elevadora de cualquier marca.
- Permite la conducción de carga en rampas, carga en camiones, voluminosa y carga vertical.
- Cámara para elevación de 5 a 7 metros para estivar en rack (estantes de almacenamiento)
- Posibilidad de alterar las condiciones atmosféricas en cuanto a la dirección y fuerza del viento, la iluminación en función de la hora del día y la cantidad de lluvia, niebla, nieve y hielo
- Conducción en superficies con diferentes tipos de adherencia.
- Incluye una herramienta llamada *Editor* para diseñar nuevos ejercicios personalizados
- El *softpanel* emula en la pantalla el funcionamiento de todos los controles de la máquina.
- Incluye un sistema completo de evaluación, generación automática de informes individuales y grupales y el sistema de *Debriefing* para realizar la fase de post análisis.



Especificaciones de un Simulador de Carretilla Elevadora Avanzado

Compuesto por un puesto de simulación completo con los siguientes elementos:

- El simulador cuenta con dos pantallas Led Full HD 4K de 42" dispuestas delante del asiento, monitor 24" Led Full HD para el puesto del instructor y monitor táctil 15,6" para el LMI del operador.
- El panel táctil 15,6" para el LMI dispuesto al lado del operador incorpora controles virtuales e información sobre el estado de la máquina. A través de este panel también se puede operar con la máquina.
- Una base a cuyos lados se incorporan consolas con controles industriales similares a los que tienen las máquinas reales, que permite el manejo del montacargas.
- Un sistema de audio 3D reproduce los sonidos reales de las grúas y del entorno.
- Ordenador Personal Intel Core i7/16GB/480GB SSD/GTX 3060, ratón y teclado.
- Conectores USB y HDMI
- Sistema de detención de movimiento.
- Sistema Operativo Windows 11
- También se incluye el puesto del instructor, con pantalla, teclado y ratón.
- Consumo eléctrico específico: 0.55 kWh/hora.
- Potencia 600W y conexión eléctrica de 220V
- Sistema de refrigeración con ventiladores delanteros, traseros e interno.

Adicionalmente, el equipo incorpora un módulo compuesto por una columna con volante y pedales, que se acopla en la base donde se apoyan los pies que incluye:

- Pedales industriales para freno normal, de emergencia y acelerador.
- Volante industrial con realimentación de fuerza, cambio de marchas y palancas de luces.
- Palanca de dirección.
- Palancas de elevación
- Llave de arranque y botón de encendido
- Freno de mano.
- Cinturón de seguridad sensorizado





Opcionalmente, para aumentar la sensación de profundidad y facilitar la gestión de las vistas de la pantalla, el simulador puede integrar un Tracker. Este dispositivo detecta y amplifica los movimientos de la cabeza del usuario, de modo que, por ejemplo, una pequeña inclinación hacia abajo de la cabeza, acompañada de un leve movimiento hacia adelante, modifica la vista de modo que se muestren en pantalla las horquillas de la máquina.

En lo que respecta a los controles, se puede utilizar un volante original de una carretilla real, por ejemplo de Jungheinrich. El volante está perfectamente sensorizado y motorizado mediante un sistema force-feedback, proporcionando las sensaciones necesarias para conseguir un grado de inmersión perfecto.



Del mismo modo, podemos sensorizar joysticks o palancas de control de máquinas reales. En el simulador de la imagen se han utilizado palancas originales Jungheinrich.

El resto de controles del simulador también provienen de máquinas reales. Estos controles son sensorizados a través de tarjetas de adquisición de datos, las cuales disponen de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.



Sistema instruccional basado en simulación

Un **sistema instruccional** basado en simulación es una herramienta diseñada para la capacitación de nuevos operadores, así como para el entrenamiento avanzado de operadores con experiencia.

Desde esta premisa, el simulador de carretilla elevadora incorpora, como parte integrante del mismo, una serie de elementos que ayudan tanto al instructor como al alumno a obtener el máximo rendimiento del equipo, para así aprovechar al máximo el tiempo de instrucción.

Para alcanzar este objetivo, en LSym estamos convencidos que es fundamental dar la misma importancia o incluso más a otros subsistemas que al propio **hardware del simulador** encargado de reproducir las condiciones de trabajo de un entorno de almacén logístico. Estos subsistemas esenciales son el **diseño instruccional**, curso de formación que secuencia las habilidades que se deben adquirir, y el **sistema de evaluación**, que mide automáticamente la pericia del alumno y está basado tanto en reportes como en la posibilidad de reproducir y analizar los ejercicios ya realizados.

El *Diseño Instruccional* incorporado en los simuladores es el encargado de secuenciar las habilidades que se deben adquirir. Esto supone que el simulador tiene implementado un curso de formación, con módulos, prácticas y ejercicios, con el doble objetivo de que los usuarios se sientan cómodos con el uso del simulador y además que se minimice el tiempo de entrenamiento. El diseño instruccional secuencia las habilidades a adquirir siguiendo un orden correcto preestablecido. En otras palabras, en LSym estamos convencidos de que no es conveniente disponer de un entorno de entrenamiento donde se pueda hacer de todo en cada momento, sino que hay que ir poco a poco entrenando diferentes funcionalidades.

Las *herramientas de evaluación* ayudan al instructor a seguir el progreso de cada uno de los alumnos con rigor y objetividad. El sistema genera automáticamente una serie de reportes de evaluación, que incluyen información relevante sobre una amplia variedad de parámetros de los ejercicios realizados, así como datos de la simulación realizada. Los reportes se generan tanto por cada uno de los ejercicios realizados, como por el proceso de formación completo. Esto permite cuantificar de una forma objetiva el nivel de pericia que ha conseguido un usuario con el simulador. De este modo, el instructor puede obtener una confianza justificada de que un alumno ya ha adquirido las habilidades suficientes para poder emplear la máquina real.

El software proporciona un marco formativo completo, ampliando la vertiente didáctica que de por sí suministra el simulador. En este sentido se incorpora un diseño instruccional detallado, que incluye un conjunto de materiales didácticos y herramientas basados en la experiencia de usuarios avanzados y en los procedimientos tradicionales de entrenamiento. La secuenciación de las prácticas permite que los usuarios consigan un mejor aprovechamiento del equipo.

Estos son los cinco subsistemas o módulos sobre los que se ha implementado el software para de este modo asegurar el máximo rendimiento de las tareas de entrenamiento:

- Motor de simulación en tiempo real.
- Diseño Instruccional, compuesto por un conjunto de ejercicios.
- Sistema de gestión mediante un servidor de bases de datos con la información de usuarios, ejercicios, informes y sesiones prácticas.
- Sistema de evaluación, con generación de reportes y *debriefing*.
- Software del Instructor.

Motor de simulación en tiempo real

El motor de simulación implementado en el software calcula en tiempo real la dinámica de todos los subsistemas que intervienen en el proceso, como motores y dispositivos mecánicos, eléctricos e hidráulicos, así como la interacción de la máquina con el entorno.

Los simuladores han sido desarrollados utilizando las más avanzadas técnicas en gráficos 3D, explotando así todo el potencial de uno de los mejores motores gráficos existentes, OpenSceneGraph, así como del avanzado motor gráfico NVidia PhysX, ejecutado al nivel de GPU.

El sistema de simulación reproduce, con alto nivel de realismo, el entorno de trabajo que nos encontramos en almacenes logísticos.

El programa presentará una secuencia de ejercicios para la operación de la carretilla elevadora en sus tareas más habituales de tránsito y movimiento de tierras, así como en situaciones de riesgo.

El simulador dispone de un HUD (*Heads-Up Display*) que muestra en las pantallas de simulación y/o monitores adicionales, toda aquella información extra que proporcionan las carretillas elevadoras reales al operador: testigos del estado de la máquina, indicador de posición de las horquillas y diversas vistas del entorno.

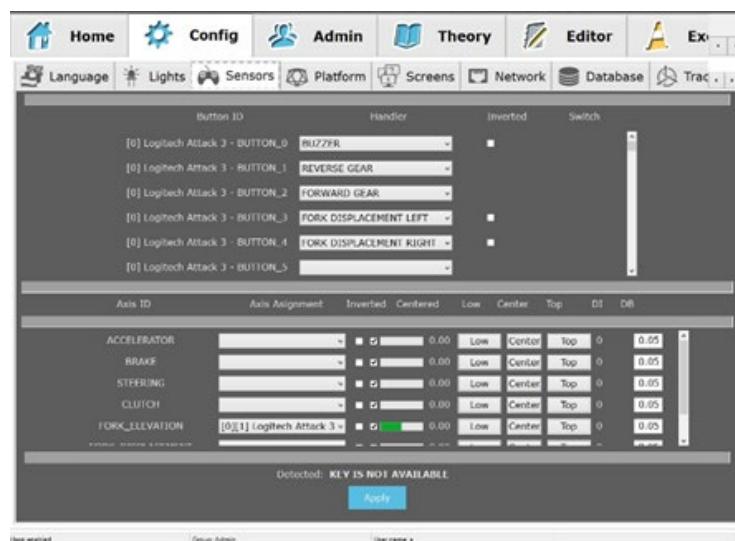


Por otro lado, los simuladores de LSyM incorporan una interfaz gráfica para el instructor, mediante la cual se pueden editar los ejercicios, ver el estado de los controles de la carretilla elevadora e incluso interactuar con ellos durante la simulación o inyectar fallos y averías en la maquinaria mientras se ejecuta el ejercicio. Del mismo modo, el simulador es capaz de reproducir entornos de trabajo peligrosos, que pueden ser modificados dinámicamente por el instructor con el objeto de introducir condicionantes climáticos especiales en la operación, como lluvia o niebla, siendo posible incluso programar condiciones cambiantes de iluminación o la dirección e intensidad del viento.

El simulador además dispone de diversas herramientas para la configuración de sus parámetros, de funcionamiento, tales como:

- **Idioma:** francés, inglés, portugués y español.

- **Comprobación de testigos e indicadores:** comprobación del correcto funcionamiento de las luces hardware (salidas digitales del sistema).
- **Plataforma de movimiento:** permite la selección y activación de una plataforma de movimiento, así como la configuración de los filtros de Washout.
- **Pantallas:** el usuario puede configurar una o varias pantallas para el simulador. Es una herramienta muy potente, con la que se determina el número y posición de las pantallas, su inclinación, la resolución, la ubicación en el espacio, etc.
- **Base de Datos:** permite configurar manualmente la base de datos.
- **Tracker:** permite configurar el dispositivo opcional de control de vistas mediante movimientos de la cabeza, parametrizando su modo de funcionamiento y sensibilidad.
- **Simulador:** permite configurar los parámetros generales de la máquina a simular, tales como sus especificaciones y rendimientos mecánicos, la activación de sombras, la activación de vistas de espejos retrovisores, entre otros.
- **Sensores y controles:** herramienta de gestión de las entradas digitales y analógicas (controles y botones conectados al sistema), lo que permite usar el simulador con cualquier dispositivo de entrada. Esta herramienta asigna las funcionalidades de los controles que tiene la máquina real a los botones y joysticks disponibles en el simulador. La configuración se puede cambiar, por ejemplo cuando se estropea un pulsador y queremos asignar esa función a otro botón mientras esperamos el repuesto. Además, todas aquellas funcionalidades de la carretilla elevadora que no hayan sido asignadas a un sensor físico, pueden ser simuladas en el panel software del instructor.



Diseño Instruccional

El diseño instruccional del simulador contempla la secuenciación de una serie de ejercicios que tienen como objeto desarrollar las capacidades relativas a la operación de la carretilla elevadora. Estas capacidades son:

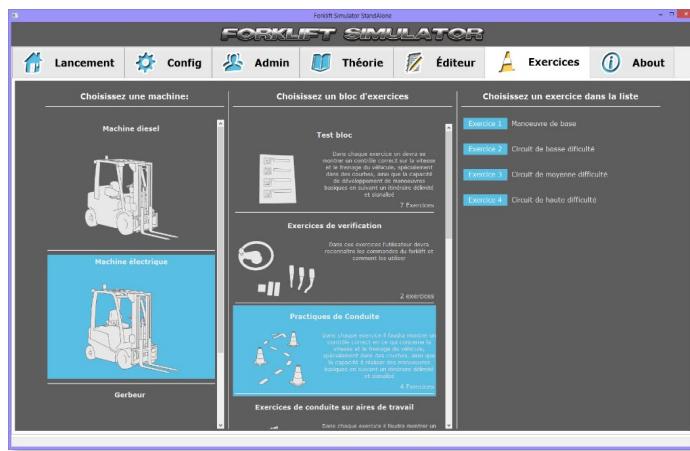
- Identificar los riesgos generales de los trabajos en el sector de la manutención, y en particular en la manipulación de cargas.
- Identificar los riesgos específicos de la operación de la carretilla elevadora, reconociendo las señales normalizadas que delimitan las zonas de trabajo. Actuación ante casos de emergencia.

- Conocer los diferentes equipos de protección individual y colectiva, y emplearlos adecuadamente.
- Identificar los distintos tipos de carretillas elevadoras y sus características generales, los dispositivos de seguridad, la disposición de los controles y sus funciones, así como sus útiles y accesorios de trabajo, reconociendo sus características y funcionamiento.
- Conocer las operaciones de mantenimiento de primer nivel de la carretilla elevadora, identificando sus anomalías.
- Establecer las condiciones básicas de manipulación de los distintos tipos de mercancías para su traslado horizontal y vertical, en función de sus características, dimensiones y peso, para seleccionar la operativa adecuada y las medidas de seguridad a adoptar.
- Operar carretillas elevadoras, realizando tareas convencionales de conducción, tránsito, manejo de cargas y apilado de las mismas, todo ello teniendo en cuenta las medidas de prevención de riesgos y de señalización del entorno de trabajo.

Para ello, en primer lugar, el simulador incorpora un **Módulo Teórico** con el que el alumno adquirirá nociones relativas al conocimiento de la máquina, a su operación y mantenimiento, la reacción ante averías y, especialmente, todo aquello concerniente a la prevención de riesgos y seguridad.

En segundo lugar, se dispone del módulo secuencial de ejercicios, que se han diseñado para:

- Validar los conocimientos teóricos del alumno previos a la operación, tanto en lo relativo al conocimiento de la máquina como a la prevención de riesgos.
- Realizar operaciones de tránsito con la máquina, respetando las normas de seguridad y realizando una conducción eficiente.
- Realizar operaciones de manejo, traslado y apilado de mercancías de diversos tipos, secuenciando el desarrollo de las habilidades del alumno con distintos niveles de dificultad.



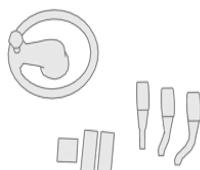
Dentro del simulador hay tres unidades didácticas distintas, dependiendo de la máquina seleccionada para la simulación. Comprende una completa serie de ejercicios, clasificados en nueve bloques, mediante los que se desarrollan y evalúan las habilidades necesarias para el manejo de estas máquinas:

1. Bloque de ejercicios tipo test:



El usuario debe responder una serie de cuestionarios en el que se comprueban los conocimientos teóricos adquiridos tras estudiar la presentación del módulo teórico. Los cuestionarios a realizar están relacionados con la prevención de riesgos tanto en la mina como los específicos de la operación de la carretilla elevadora, señalización, el reconocimiento de los componentes de la máquina y su mantenimiento, así como la resolución de averías y problemas de operación.

2. Bloque de verificación de mandos



En este bloque, el usuario debe familiarizarse con los controles de la máquina y aprender cómo utilizarlos. Para ello se indican secuencialmente los controles que el conductor debe reconocer y activar.

3. Bloque de conducción en circuitos



En cada ejercicio deberá mostrarse un correcto control sobre la velocidad y el frenado del vehículo, especialmente en curvas así como la capacidad de desarrollo de maniobras básicas siguiendo un itinerario delimitado y señalizado. Entre los ejercicios programados se incluyen maniobras marcha atrás, estacionamiento, cambios de sentido, así como itinerarios de mayor complejidad con presencia de señales y obstáculos.

4. Bloque de conducción en rampas

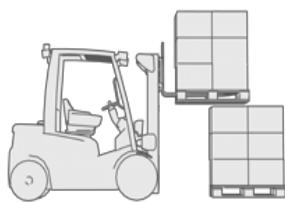


En cada ejercicio deberá mostrarse un correcto control sobre la velocidad y el frenado del vehículo, así como una correcta acometida de la rampa, todo en sentido ascendente y descendente.

5. Bloque de conducción con carga

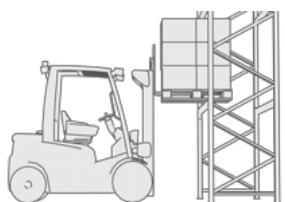


En cada ejercicio deberá mostrarse un correcto control sobre la velocidad y el frenado del vehículo, así como del posicionamiento de las horquillas, todo con cargas de diversas características y tamaños.



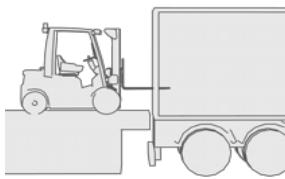
6. Bloque de manejo de cargas en el suelo

En este bloque de ejercicios se demuestran las capacidades de manejo de la carretilla elevadora para el apilado de cargas en el suelo, tanto de tipo homogéneo como heterogéneo.



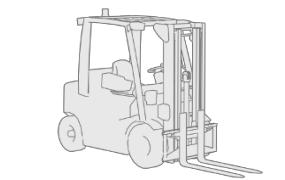
7. Bloque de manejo de cargas en estanterías

En este bloque de ejercicios se demuestran las capacidades de manejo de la carretilla elevadora para el apilado de cargas en racks y estanterías, tanto de tipo homogéneo como heterogéneo.



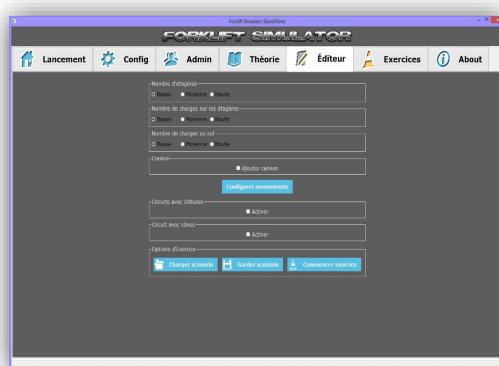
8. Bloque de manejo de cargas en remolques y camiones

Este bloque se compone de varios ejercicios de operaciones de carga lateral de un camión y en un remolque.



9. Ejercicio Libre

Los ejercicios son evaluados mediante un sistema de penalizaciones, que es configurable por el Instructor. El ejercicio completo y su evaluación quedan registrados en la base de datos.



Trabajo Colaborativo

Por último, es importante resaltar que el simulador está preparado para funcionar en un **entorno colaborativo**, donde varias carretillas trabajan de forma conjunta en el mismo escenario virtual. De esta manera desde cada puesto de simulación se puede manejar una máquina distinta y trabajar juntos para tratar de lograr un objetivo común.



El objeto de este tipo de ejercicios puede ser el cooperar en distintas fases de una misma operativa, como por ejemplo puede ser realizar la descarga de un camión en el muelle mediante carretilla elevadora, el traslado de la mercancía al almacén empleando una traspalera, y el apilado en estantería mediante otra carretilla, trabajando los tres simuladores de forma cooperativa, en el mismo escenario, y al mismo tiempo.

Todo esto permite simular de manera lo más realista posible las interacciones dentro del entorno y detectar los principales puntos de interés en el trabajo en equipo, bien sea para realizar correcciones o mejorar la productividad.

Sistema de gestión

Es el encargado de gestionar toda la información relativa a los usuarios del simulador. El sistema puede emplear bases de datos tanto locales como remotas, y compartir las para todos los simuladores del centro de formación. De esta forma, una vez dado de alta a un usuario, a partir de ese momento ya puede utilizar cualquier simulador del centro si está habilitado por sus permisos.



En las bases de datos se guardan los datos personales de los usuarios, así como un registro de toda la actividad del mismo, incluidos los informes y la información para el post-análisis.

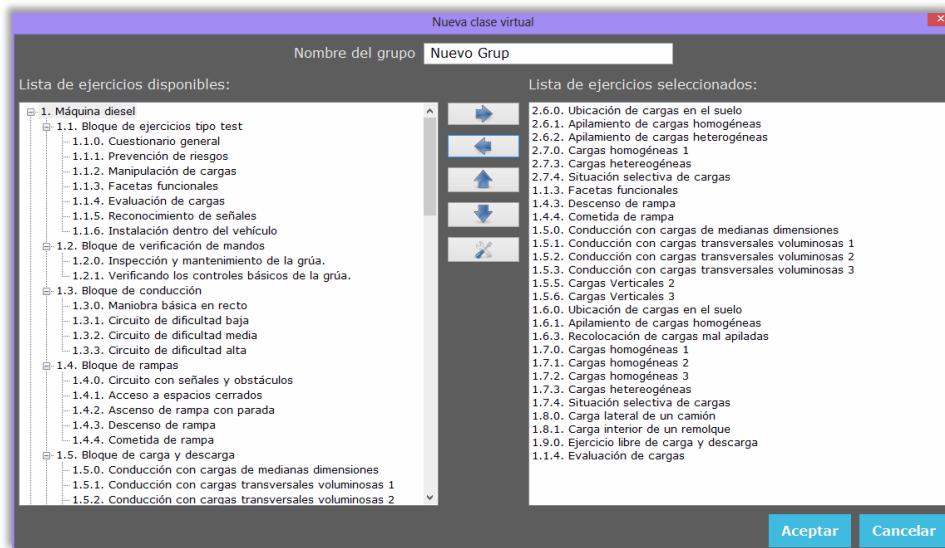
Respecto a la gestión de usuarios, el simulador incorpora una potente herramienta para su administración, con distintos perfiles de acceso según el grupo al que pertenece cada usuario (alumno, instructor o administrador):

- *Administrador General*: Tienen acceso total al simulador, pueden configurar todas las opciones y se caracterizan por ser los únicos que pueden gestionar el alta de nuevos usuarios en el simulador. Sólo los usuarios de este grupo pueden modificar las contraseñas del resto de usuarios del simulador.
- *Administrador de Clase Virtual*: Destacan por tener la capacidad de definir las implicaciones docentes de cada grupo u aula virtual, esto es, crear grupos y poder asignar usuarios a estos grupos.
- *Instructor Administrador*: Tiene la posibilidad de modificar la definición de los itinerarios didácticos de cada aula virtual.
- *Instructor Supervisor*: Los usuarios con este perfil pueden revisar los informes y el debriefing de los ejercicios realizados por cualquier alumno. Además de borrar aquellos ejercicios deseados, junto con sus informes y *debriefing*.
- *Supervisor General*: Su función se limita a poder observar informes y debriefing de cualquier alumno.
- *Alumno*: El resto de grupos corresponderán a las aulas virtuales que mantendrán al perfil de alumno. Todos los usuarios de estos grupos únicamente pueden realizar los ejercicios definidos en el grupo, además de poder ver su evolución y repeticiones de los ejercicios ya realizados por ellos.



El sistema instruccional de LSYM además incorpora un sistema de gestión de los cursos de formación a impartir con el simulador. Se dispone de una herramienta que permite que el Administrador de Clase Virtual (ACV) planifique el contenido de los mismos.

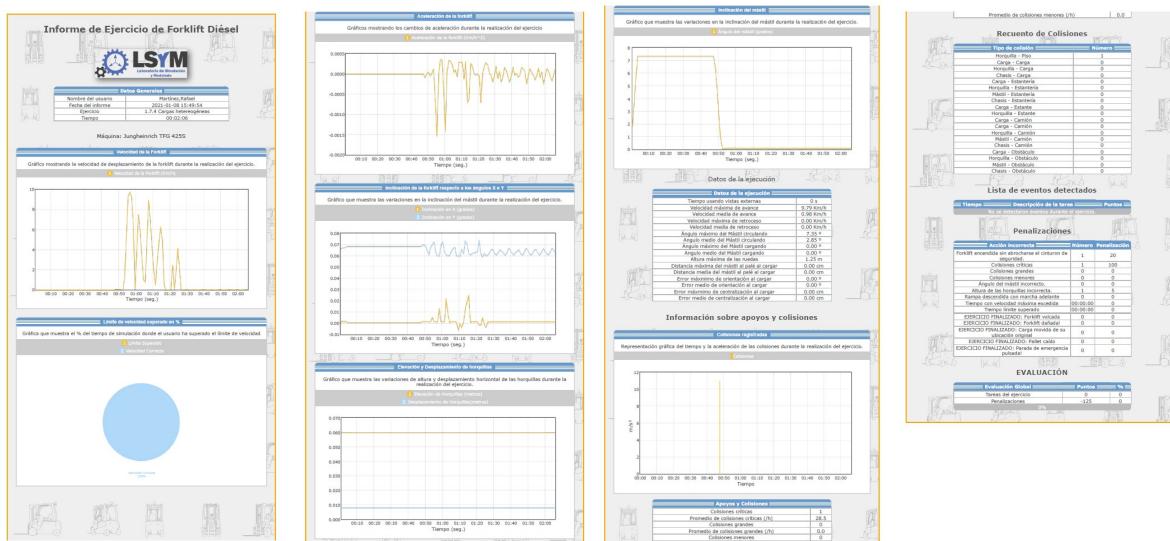
Para ello, el ACV puede crear y editar grupos de alumnos (aulas virtuales), seleccionando los ejercicios a los que tendrán acceso los usuarios que el ACV asigne a cada grupo, todo ello en función de las necesidades formativas y el nivel del curso.



También se pueden parametrizar los ejercicios de cada clase virtual, estableciendo puntuaciones mínimas, penalizaciones, número máximo de repeticiones, tiempos máximos, si el ejercicio es obligatorio para avanzar en el curso, etc.

Sistema de evaluación

El sistema instruccional también medir la pericia de los usuarios de forma automática. De esto se encarga este módulo y para ello se ha hecho un estudio de cuáles son las variables más significativas que relacionan el uso del simulador con el grado de aprendizaje y posteriormente se han cuantificado estos valores según pruebas realizadas a usuarios noveles, experimentados e instructores. Así el simulador proporciona un informe de evaluación motivado sobre cómo ha ido el ejercicio.



Existe un interfaz que permite también acceder a los reportes de evaluación del desempeño del alumno, que contienen un detallado informe de cómo se han ejecutado los ejercicios, puntuándolo

y mostrando datos objetivos relevantes como fecha, hora y duración del ejercicio, velocidades (instantáneas, medias y máximas), regímenes de giro del motor, posición de las horquillas, número y tipo de colisiones, estadísticas de manejo de los controles, registro de maniobras peligrosas o prohibidas realizadas, y demás información de interés.

Dado que durante la simulación queda registrada toda la información del estado del sistema y de las acciones del usuario, la información que se muestra en los informes de ejercicio es extensible y configurable, por lo que opcionalmente se puede adaptar a las necesidades de instructores y centros de formación, así como a cada ámbito normativo.

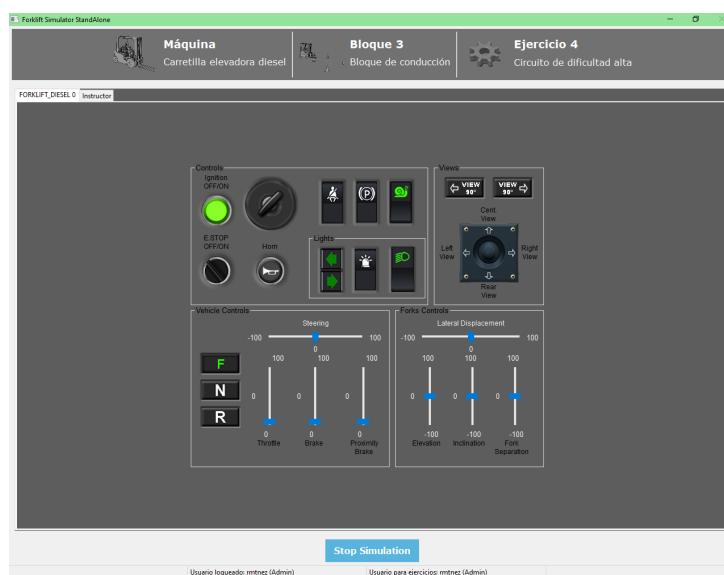
Dentro del sistema de evaluación también se incluye la herramienta de post-análisis (**debriefing**), que permite visualizar la repetición de los ejercicios ya realizados de forma automática, pudiéndose pausar, rebobinar e incluso ser alterado con el objeto de mostrar diversas vistas del mismo. Es muy útil para que el instructor pueda enseñar a los alumnos lo que se ha hecho y comentar sobre la marcha los errores o aciertos cometidos.

Software del Instructor.

El instructor utiliza un puesto independiente para realizar las tareas de puesta en marcha del simulador, selección de usuarios y ejercicios, inyección de eventos, cambio de condiciones del entorno, visualización de informes, manejo de las bases de datos, personificación del simulador, etc. Este puesto se implementará mediante un monitor, que puede ser táctil, teclado y ratón.

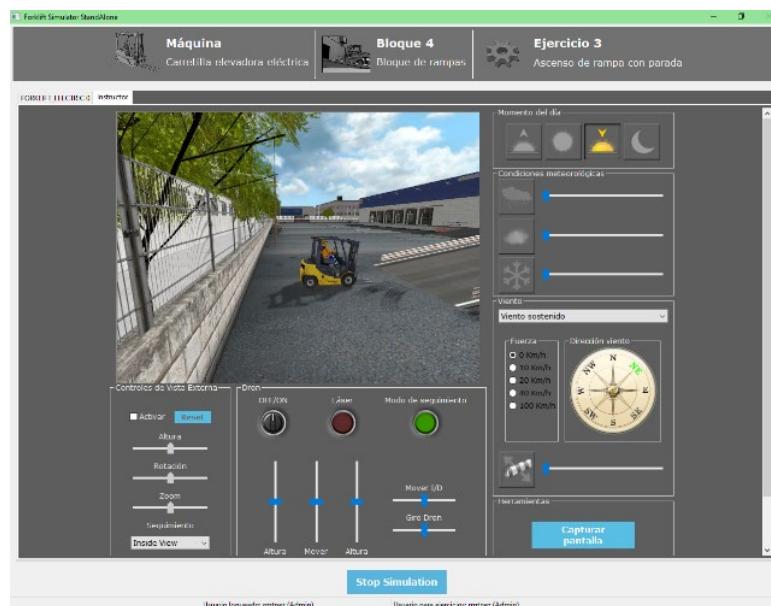
Así mismo, desde este puesto y a través de consola una virtual denominada **SOFTPANEL**, se puede tomar el control de operación de la carretilla elevadora simulada y manejarla en paralelo con el usuario del simulador.

El *softpanel* dispone de sensorización virtual, de modo que el instructor puede realizar un control integral de la máquina.



En el mismo también se representan indicadores de altura, inclinación y posición de la horquilla, así como una serie de iconos que se irán activando y desactivando según el estado de los sistemas (mecánicos, eléctricos e hidráulicos) y de las funciones que se lleven a cabo en la simulación.

Sobre esta consola el instructor puede además supervisar la simulación en tiempo real, seleccionando la misma vista del ejercicio que tiene el alumno, o bien mediante una vista externa en tres dimensiones, en la que puede observar como el usuario realiza el ejercicio. Mediante el uso del ratón es posible cambiar el punto de vista de esta ventana.



Al mismo tiempo el instructor puede modificar las condiciones de la simulación, desde la pestaña Instructor, pudiendo modificar las condiciones de iluminación y las condiciones meteorológicas. Tiene implementado un dron con una cámara para poder visualizar el entorno desde diferentes puntos de vista y también la posibilidad de enviar mensajes al alumno.

El instructor también puede inyectar diversos fallos en la máquina durante la ejecución del ejercicio. Las averías pueden ser inyectadas en cualquier ejercicio de operación de la carretilla elevadora.

El alumno deberá reaccionar adecuadamente, identificando la causa de la avería y realizando o proponiendo la acción correctora adecuada.

Solución dual: Sistema de escritorio compatible con gafas de realidad virtual

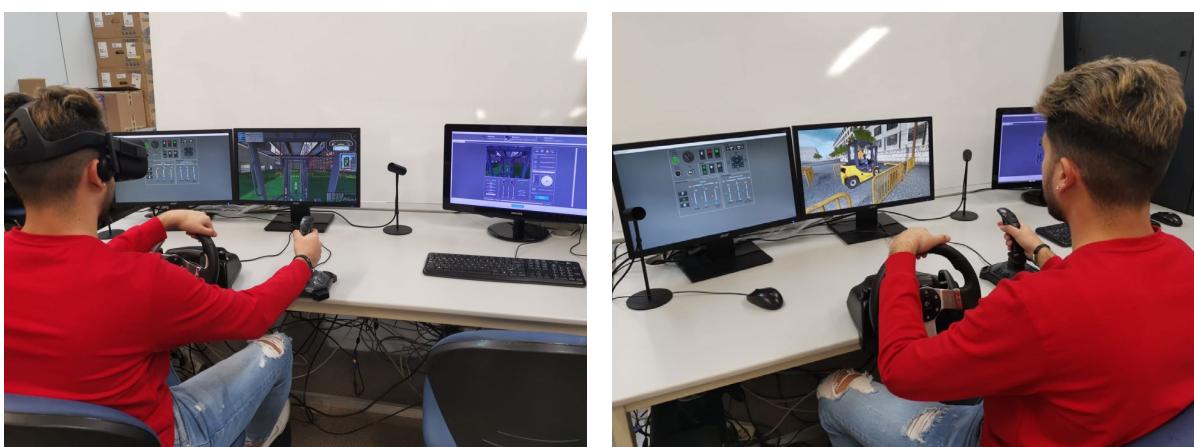
Cada vez más frecuentemente empiezan a verse sistemas que emplean gafas de realidad virtual para visualizar entornos virtuales. Tienen la ventaja de que la sensación de inmersión que producen es muy realista, aspecto muy apreciado en aplicaciones de maquetado, visualización y lúdicas. Sin embargo, cuando las empleamos con propósitos formativos, donde el objetivo final es la adquisición de conocimiento y no la diversión, tenemos que tener en cuenta algunos de sus inconvenientes principales que se detallan a continuación.

- La resolución del entorno es menor que la que se ve en un monitor convencional

- La discordancia que existe entre las imágenes de movimiento recibidas por los ojos y la inexistente sensación de movimiento (a no ser que se emplee una plataforma de movimiento debajo del asiento) recibida por el sistema kinestésico del oído produce muy fácilmente sensación de mareo.
- La localización de los controles físicos del sistema una vez tienes las gafas puestas es más compleja, a no ser que se emplee un sistema de realidad aumentada, o controles virtuales ubicados en la misma posición que están los mandos reales.
- El peso de las gafas produce fatiga, sobre todo si necesitas mover la cabeza para mirar el entorno circundante continuamente.
- Las medidas de higiene son algo más complejas de realizar



En definitiva, como se puede observar, existen factores a favor y en contra del empleo de este tipo de sistemas novedosos. Es por ello por lo que LSyM oferta un **sistema mixto**, que permite elegir si se emplea el sistema en modo convencional, con un monitor para visualizar el entorno y otro monitor para visualizar el panel con los controles virtuales, o se emplea el sistema inmersivo, donde se emplean las gafas Oculus de realidad virtual para visualizar esta misma información.



El Laboratorio de Simulación y Modelado

El Laboratorio de Simulación y Modelado LSyM es un grupo de investigación avanzada que está integrado en el IRTIC (Instituto de Robótica y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), perteneciente a la Universitat de València. LSyM tiene una dilatada experiencia en el desarrollo y mantenimiento de proyectos con empresas privadas, y dada su intensa actividad I+D+i, dispone de una estructura empresarial cuyo objetivo principal es la calidad y sostenibilidad de los productos y servicios que ofertamos.

Dentro del ámbito de la simulación civil, LSyM desarrolla desde hace más de veinte años sistemas instruccionales basados en simulación de grúas portuarias con propósitos de formación, además de simuladores de grúas portuarias, industriales y de construcción, también sistemas de simulación para maquinaria de obra civil y minería. Para ello se utilizan las más novedosas tecnologías tanto en el campo de los gráficos 3D y la Realidad Virtual como en el del modelado dinámico, contando con modelos propios publicados en revistas científicas de carácter internacional. Dentro de este marco, LSyM también investiga en la aplicación de tecnologías basadas en PCs comerciales de bajo coste, proporcionando alternativas más económicas y seguras al entrenamiento con maquinaria real.



Somos un grupo multidisciplinar, compuesto por ingenieros, físicos, artistas gráficos y psicólogos. Esto nos permite implementar el 100% de los sistemas de entrenamiento que comercializamos, y mantenerlos actualizados durante toda su vida útil. Además, podemos personalizar cualquier subsistema del simulador, como el desarrollo de ejercicios, el diseño de reportes de evaluación según los requerimientos de los instructores, el modelado y parametrizado de nuevas grúas, la implementación de nuevos automatismos y protocolos, incluso el modelado de entornos virtuales a medida.

Continuamente estamos investigando las últimas tecnologías y aplicamos los resultados a nuestros simuladores. Esto hace que nuestros productos nunca queden obsoletos. Como muestra de ello, podemos decir con orgullo que somos los primeros en implementar un entorno de simulación colaborativa, donde varios simuladores pueden trabajar conjuntamente, compartiendo el mismo escenario virtual.



Rafael J. Martínez
LSyM - Instituto IRTIC

Parc Científic Universitat de València
C/ Catedrático José Beltrán, 2
46980, Paterna, SPAIN

Ph. +34 96 354 3564
Cel. +34 660 582 451
Fax. +34 96 354 3550
Skype: rmtnez.lsym

