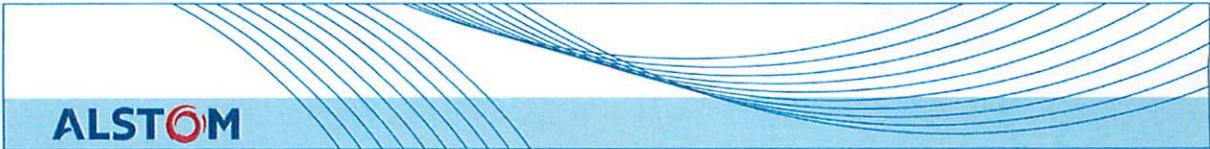


# ANEXO 1T

## SIMULADOR DE CONDUCCION

## Y AVERÍAS

A handwritten signature in blue ink is located in the bottom right corner of the page. The signature is stylized and appears to be the initials of a person, possibly a representative of ALSTOM or the client. The signature is written over the date "Noviembre/2009".



ANEXO 1T

00000561

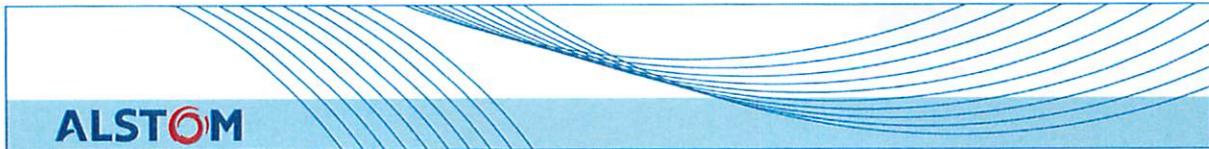
**SIMULADOR DE CONDUCCION Y AVERIAS**

- 1. INTRODUCCIÓN..... 4
- 2. OBJETIVO..... 5
- 3. ALCANCE DEL SIMULADOR..... 7
- 4. CAPACIDADES DEL SISTEMA..... 13
- 5. ESPECIFICACIÓN DE DETALLE..... 19
  - 5.1 General..... 19
  - 5.2 Arquitectura..... 20
  - 5.3 Modelos de Comportamiento..... 21
    - 5.3.1 Modelos tren..... 21
    - 5.3.2 Tren virtual..... 25
    - 5.3.3 Modelos línea..... 30
    - 5.3.4 Modos de funcionamiento..... 32
    - 5.3.5 Averías e incidencias..... 33
  - 5.4 Puestos del Simulador..... 35
    - 5.4.1 Puesto de Conducción..... 35
    - 5.4.2 Puesto de Instructor..... 39
  - 5.5 Sistema de Representación Visual del Entorno..... 46
    - 5.5.1 Hardware del sistema de representación en el Puesto de Conducción..... 46
    - 5.5.2 Hardware del sistema de representación en PI..... 48
    - 5.5.3 Modelos de la Base de Datos del Sistema Visual..... 49
- 6. REALIZACIÓN DEL PROGRAMA..... 55
  - 6.1 Documentación Técnica del Proyecto..... 55
- 7. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA, ACEPTACIÓN, RECEPCIÓN..... 57
  - 7.1 Documentación Técnica de Partida..... 57
  - 7.2 Especificación Funcional de Requisitos..... 58
- 8. PLAN DE ASISTENCIA TÉCNICA "ON LINE"..... 59
  - 8.1 Visión general..... 59
  - 8.2 Configuración de la red del Simulador..... 59
  - 8.3 Requerimientos del mantenimiento "on line"..... 59
  - 8.4 Alcance de la asistencia..... 60
- 9. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA..... 62
  - 9.1 General..... 62
  - 9.2 Mantenimiento preventivo..... 62
    - 9.2.1 Elementos software..... 62
    - 9.2.2 Equipos informáticos..... 63
    - 9.2.3 Proyectoros..... 63
    - 9.2.4 Pantallas de proyección..... 63
    - 9.2.5 Equipos adquisición de datos..... 64



00000562

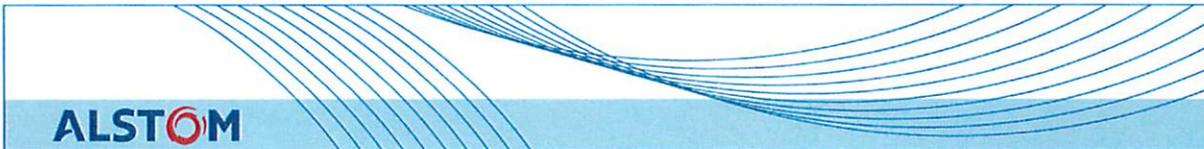
9.3 Mantenimiento correctivo.....	64
10. GARANTÍA.....	65
10.1 Condiciones de aplicación de la garantía.....	66
11. PRUEBAS, INTEGRACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO.....	67
11.1 Pruebas de aceptación.....	67
11.2 Puesta en servicio.....	68
12. PROGRAMAS DE FORMACIÓN.....	69
12.1 Descripción general.....	69
12.2 Curso básico de utilización.....	69
12.2.1 Programa del curso.....	70
12.3 Curso avanzado de utilización.....	71
12.3.1 Programa del curso.....	71
12.4 Curso de mantenimiento.....	71
12.4.1 Programa del curso.....	71
13. DOTACIONES SOFTWARE Y HARDWARE.....	73
13.1 Dotación software.....	73
14. PLANIFICACIÓN.....	76
14.1 Principales Hitos.....	77
15. OPCIONES.....	78
15.1 Puestos de Formación Multipropósito.....	79
15.1.1 Descripción de Detalle.....	81
15.1.2 Hardware del sistema visual en PF.....	83
15.2 Sistema de Proyección Colectiva.....	83
15.2.1 Gestión del Sistema de Proyección Colectiva.....	84
15.3 Proyección con Sistema Blending.....	84
15.4 Proyección con Sistema Tridimensional de Visualización.....	85
15.5 Ejercicios Conjuntos.....	86
15.6 Actualizaciones de Software.....	87



00000563

## GLOSARIO.

	Definición
ATP	Automatic Train Protection, Protección Automática de Trenes, Modo Semiautomático
ATO	Automatic Train Operation, Operación Automática de Trenes, Modo Automático
TBC	To Be Confirmed: Se debe confirmar que este punto se desarrollará tal y como se expresa
TBD	To Be Defined: Se debe definir la forma en la que este punto se desarrollará.



00000564

## 1. INTRODUCCIÓN.

Este documento tiene como objeto definir el alcance de la oferta técnica que ALSTOM realiza para la producción de un Simulador para Formación en Conducción, incluyendo la gestión de las principales averías que tienen un impacto en la conducción, denominado Simulador para Formación en Conducción y Averías. Dicho simulador se basará en el desarrollo de un modelo de comportamiento de las nuevas Unidades Tren,

En el entorno ferroviario, el empleo de estas herramientas está plenamente justificado debido a varios factores: el elevado coste tanto de las infraestructuras como del material móvil, lo cual dificulta su inmovilización necesaria para la formación; la dificultad de generar situaciones de averías e incidencias para mostrar su correcta resolución al alumno: la imposibilidad en algunos casos de crear situaciones de riesgo para enseñar al alumno el procedimiento a seguir procedimientos de solución; etc.

Si bien las características principales se desarrollan en esta especificación, la definición detallada del Simulador se realizará posteriormente con aprobación por parte de S.T.C..

Esta oferta, incluye todos los equipos necesarios para el correcto funcionamiento del simulador (computadoras, monitores, etc.), siendo responsable de suministro por parte de S.T.C.:

- La documentación necesaria para el desarrollo del proyecto en lo referente a la Línea (señalización, enclavamientos, datos topográficos de la línea, planos, visitas,...).
- La instalación donde definitivamente quede ubicado el Simulador conforme al documento de "Requisitos de Instalación" que realizará ALSTOM, y que incluirán entre otros lo siguientes requisitos: lugar cerrado y debidamente acondicionado, estanqueidad frente al agua, mobiliario, red eléctrica con suficiente potencia, sistema de refrigeración y calefacción, red de datos de 100 Mbps, etc.

Adicionalmente, será responsabilidad de ALSTOM el suministro de:

- La documentación necesaria para el desarrollo del proyecto referente al Tren (planos, esquemas eléctricos y neumáticos de las unidades, manuales de conducción, descripciones técnicas de los equipos instalados en el material rodante, elementos reales a integrar y definición de las interfaces ...).

## 2. OBJETIVO.

El objetivo del simulador de conducción, será el de proporcionar una herramienta destinada a la formación del personal del S.T.C. que operará la Línea 12. La herramienta proporcionará un entorno dinámico y libre de riesgos que permita reproducir de forma controlada diferentes situaciones reales que requieran ser ejercitadas bajo la supervisión de un instructor. Las funciones asignadas al simulador serán las siguientes:

- Entrenamiento de alumnos en labores de conducción del modelo de material móvil en circulación por la línea 12.
- Entrenamiento en reconocimiento y resolución de averías de los sistemas que componen la unidad.
- Entrenamiento en el manejo de los equipamientos de a bordo, por medio del Tren Virtual.
- Entrenamiento en las comunicaciones.
- Entrenamiento simultáneo de al menos 3 personas en el Centro de Formación donde se ubique el Simulador.
- Capacidad de entrenamiento en la línea del personal de conducción.
- Realización del diseño y seguimiento de la formación

Ateniéndose a lo indicado, el presente simulador reproducirá de forma suficientemente realista el entorno de conducción en el que se verán envueltos los conductores de la Línea 12 del S.T.C.. En concreto, el sistema reproducirá de la forma más realista posible el funcionamiento del material móvil actual, la señalización, el entorno visual, la comunicaciones, etc., pero siempre manteniendo bajo control la complejidad del modelado.

ALSTOM se compromete a desarrollar una herramienta que permita a S.T.C. desarrollar un plan de formación personalizado a medida de sus necesidades, de un nivel equivalente al anteriormente proporcionado para otros proyectos de entrenamiento por medio de simulación desarrollados por ALSTOM. El desarrollo del diseño del plan de formación deberá garantizar las siguientes ventajas en la formación de los conductores del

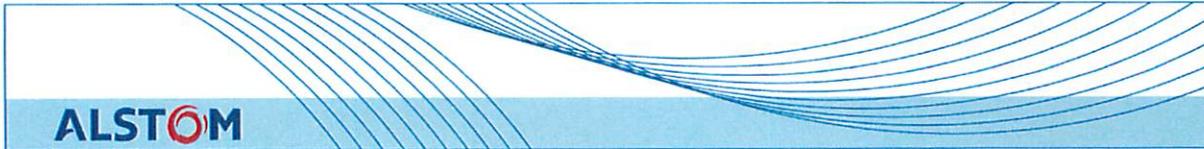
S.T.C.

- Reducción significativa del tiempo de formación.
- Reducciones de la utilización de las unidades Tren reales para formación.
- Entrenamientos intensivos en situaciones críticas o de emergencia, hasta su completo dominio.
- Reducción del estrés de formación en Unidades reales.
- Posibilidad de adaptación de los niveles de formación conforme a varios niveles predefinidos de formación.
- Entrenamiento en aspectos generales del material rodante y la señalización y control de tráfico.
- Posibilidad de evaluación conjunta con el alumno una vez finalizado el ejercicio.

Para poder cumplir los requisitos arriba indicados, las condiciones primarias a cumplir por el sistema, son las siguientes:

- Flexibilidad: El sistema ofrecerá una gran variedad en cuanto a la simulación de situaciones reales, permitirá la simulación de distintos modos de conducción, distintas estaciones, será capaz de desarrollar y configurar multitud de itinerarios con características propias, de poder adaptarse a nuevas situaciones y a distintos niveles de formación de alumnos en base a escalones predefinidos.
- Realismo: Es sistema permitirá reproducir multitud de situaciones reales y seguirá secuencias de actuación tan reales como sea razonable.
- En caso de obsolescencia del sistema: Permitirá, a la finalización del contrato y bajo las condiciones que se acuerden, la rápida incorporación de cualquier novedad que se produzca en los elementos integrados en el simulador; ello se traducirá en posibilidades de escalabilidad en todos sus aspectos.
- Simulación de situaciones poco frecuentes o de una complejidad especial: El sistema será capaz de simular de forma muy especial, aquellas situaciones y operaciones que, al ser poco frecuentes en la explotación real o resultar críticas por su dificultad entrañan un riesgo especial, y que resulta complejo realizar con trenes reales.





00000567

### 3. ALCANCE DEL SIMULADOR.

Para la consecución de los objetivos anteriores, el simulador estará constituido por dos tipos de puestos:

- Puesto de Conducción: Se montará un sistema de simulación sobre una estructura que reproducirá el interior de la cabina de conducción.
- Puesto del Instructor (PI): Se dispondrá de un puesto con interfaces virtuales orientados al seguimiento de la formación en los puestos que constituyen el simulador.

El desarrollo del proyecto del Simulador que se presenta en esta oferta comprende el suministro de los siguientes elementos, que comprenden los Puestos anteriores agrupados de la siguiente manera:

- Tres (3) Puestos de Conducción.
- Un (1) Puesto de Instructor.
- Un (1) Servidor de Base de Datos centralizado.
- Soporte a la utilización del Simulador.

A continuación se describe de manera más detallada el equipamiento de los elementos anteriores:



Imagen indicativa del interior de la cabina de conducción en un proyecto anterior.

- Puesto de Conducción.

A continuación se presenta una breve descripción de los elementos que formarán parte de la Maqueta:

- Se trata de un sistema que reproduce con el suficiente grado de aproximación el entorno de conducción real de la cabina de mando mediante el empleo de mandos reales y pantallas táctiles para representar aquellos elementos accionables.
- Integra de forma ergonómica los principales mandos y elementos operables de la cabina de conducción real en una configuración y disposición física similar a la del tren real.
- Los elementos hardware físicos que simulen los mandos de conducción reales serán los siguientes, en primera aproximación:

- Mando de Velocidad

- Inversor
- Pulsador de Freno de Urgencia.
- Hombre Muerto
- Comunicaciones<sup>3</sup>

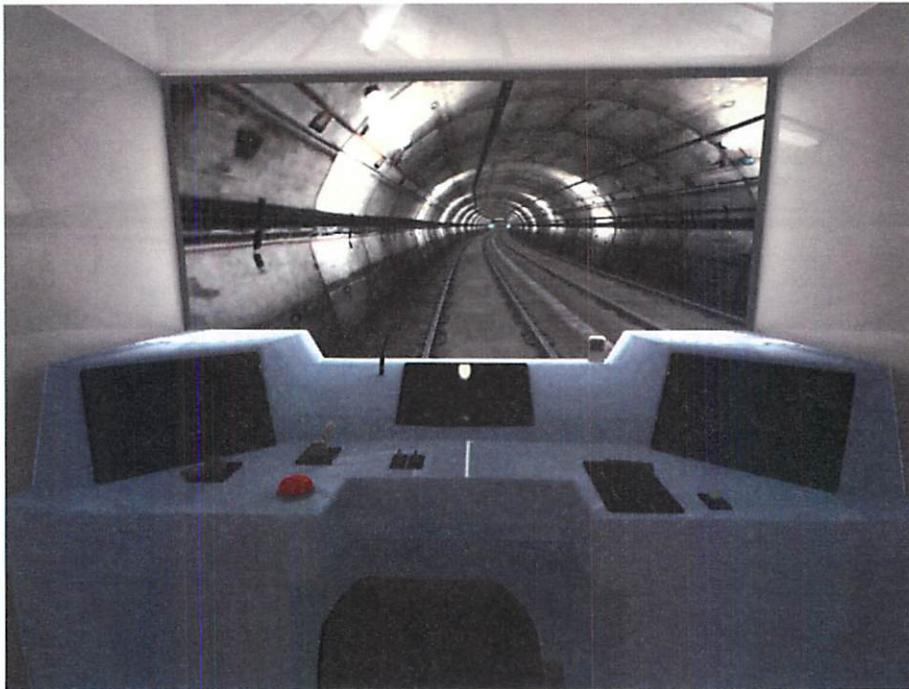


Imagen indicativa del interior del diseño del Puesto de Conducción.

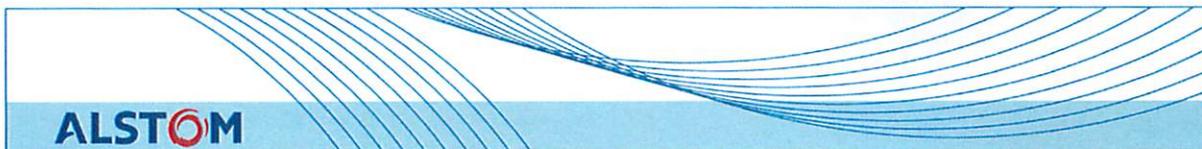
- Los mandos serán suministrados por ALSTOM, y la selección de los mismos se realizará en base a elementos comerciales que reproduzcan con el adecuado grado de realismo el formato físico, las funcionalidades, el tacto y sensibilidad de los elementos reales.

Pendiente de definir los elementos de Comunicación a incluir.

- El resto de elementos se operarán desde pantallas táctiles mediante unas representaciones fotorealistas de los mismos gracias al módulo del Tren Virtual convenientemente configurado para mostrar en cada pantalla aquellos elementos que sea habitual visualizar en la ubicación de las mismas.
- La ubicación de cada una <sup>2</sup> de estas pantallas táctiles será la más análoga posible a la ubicación de los mandos del tren que representan. En caso de que no se puedan representar de forma directa todos los elementos ubicados en el pupitre mediante estas pantallas, se habilitará un sistema de pestañas que permita disponer de diferentes vistas que recojan los elementos adicionales.
- Los elementos de la cabina tendrán una presentación, apariencia y funcionamiento similares, desde el punto de vista de conducción, a los del tren real.
- El número definitivo de pantallas, los elementos representados virtualmente en cada una de ellas y el lay-out definitivo del interior del habitáculo, tanto a efectos de ubicación de elementos físicos como de pantallas de representación de elementos virtuales serán oportunamente definidos junto con S.T.C. durante la fase de especificación.
- La sala técnica albergará todos los equipos informáticos necesarios para el correcto funcionamiento del puesto, así como la estructura del sistema visual, proyectores, SAI y switch de red necesarios.

Pendiente de definir el número de pantallas a incluir 3 ó 5 y la funcionalidad de cada una

- Contará con un sistema de reproducción de sonido con capacidad de reproducir los sonidos percibidos en la cabina real.
- Un sistema de reproducción visual compuesto por una pantalla frontal de proyección y un proyector con resolución mínima de 1400x1050. En la fase de proyecto se estudiarán otras alternativas de igual coste con el S.T.C.. En los espejos podrán apreciarse todos los elementos modelados en el visual de igual manera que en el visual frontal.
- Cámara y micrófono de ruido ambiente, para visualizar desde el Puesto del Instructor las actuaciones en el interior del Puesto de Conducción.
- Un Sistema de Representación y Manipulación del estado de la Unidad, compuesto por interfaces visuales sobre pantalla táctil en las que se representarán los Armarios Virtuales de la composición: Puesto de Tratamiento de Averías. Para la actuación sobre aquellos elementos no presentes en la Cabina.
- Modelado de los elementos del sistema, incluyendo
  - o Modelos de Simulación de las prestaciones y la Dinámica Ferroviaria, de alto grado de detalle, particularmente en la reproducción de la tracción y el frenado.



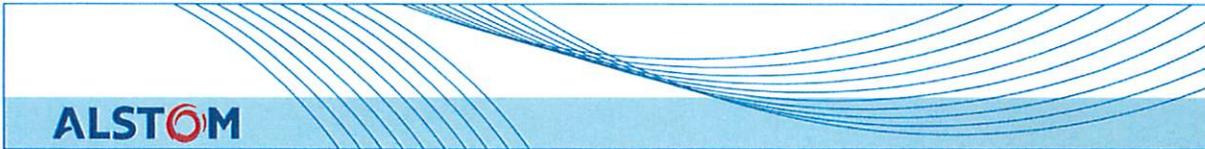
- o Modelos de Simulación del Material Móvil: sistemas eléctricos, neumáticos, mecánicos, pupitre de conducción, sistemas electrónicos del vehículo tal como equipos de señalización y sistema de diagnóstico y tratamiento de averías, etc.
- o Modelo de Simulación de los Sistemas de Señalización: lateral o en cabina.
- Modelización de Averías de la Unidad e Incidencias de circulación.
- Un Sistema de Comunicaciones con el Puesto del Instructor.

Asimismo serán parte del Puesto de Conducción los equipos informáticos necesarios para que en conjunción con el Puesto del Instructor se pueda realizar un ejercicio simulado completo.

- Puesto de Instructor.

Por otro lado, el Puesto de Instructor constará de una serie de elementos que se presentan brevemente a continuación.

- Sobre una mesa de Instructor se instalarán cuatro monitores planos (TFT) en configuración 2x2.
- Un Sistema de Gestión de los Ejercicios que incluye la Herramienta de Control de la Formación. Esta herramienta permite:
  - o Diseño totalmente flexible de los ejercicios a realizar en el Simulador: condiciones iniciales, ambiente, averías e incidencias, itinerarios y señalización, tráfico, etc.
  - o Clasificación y agrupación de ejercicios para formar Planes de Formación.
  - o Ejecución y seguimiento de dichos ejercicios en cada uno de los Puestos de Formación.
  - o Análisis y evaluación de los resultados obtenidos por cada Conductor en cada uno de los Puestos de Formación.
- Un Sistema de Representación del estado de la Unidad, compuesto por interfaces visuales en las que se representarán: el Pupitre Virtual y los Armarios Virtuales de llaves y magneto-térmicos.
- Un Sistema Visual de un canal de alta resolución integrado con la herramienta de gestión del simulador.
- Un Sistema de Comunicaciones con los Puestos de Formación.



00000572

- Un servidor de Base de Datos centralizado.

Destinado a albergar la librería de ejercicios generados para el simulador, así como la relación de alumnos y actuaciones realizadas en los simuladores por los mismos.

- Soporte a la utilización del Simulador:
  - Documentación de operación y mantenimiento en formato DVD-ROM, así como pre-instalada en el Puesto de Instructor.
  - Cursos de formación de operación y mantenimiento.
  - Garantía de dos años.

#### 4. CAPACIDADES DEL SISTEMA.

El Simulador para Formación en Conducción y Averías para las unidades de la Línea 12 dispondrá de las capacidades y funcionalidad que se describen a continuación.

- Material Rodante, para el modelo de las unidades tren en sus diferentes configuraciones:
- Simulación realista del comportamiento a través del modelado de los sistemas que incorporan las Unidades Tren: eléctricos, electrónicos y neumáticos. Se incluirá el modelado, entre otros, de: sistemas de tracción y frenado, incluyendo los sistemas de frenado de emergencia; sistemas de lazo de seguridad, incorporando la funcionalidad del "hombre muerto"; sistemas de apertura y cierre de puertas; etc.
- Reproducción foto-realista del pupitre de conducción.
- Reproducción foto-realista de los elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos operables por el conductor en el resto de la Unidad.
- Reproducción de los sonidos de las Unidades Tren (rodadura, puertas, silbatos, elementos sonoros, etc.).
- Capacidad de conducción en los sistemas de señalización utilizados por el S.T.C. en la línea 12: señalización lateral y ATP.
- Simulación de averías de la Unidad Tren y capacidad de resolución de las mismas. Simulación realista del comportamiento de las Unidades Tren en estas condiciones de prestaciones reducidas, pero adecuadas para cumplir las necesidades de formación.
- Simulación de incidencias. Entre las distintas incidencias se incluirá la interacción con objetos en la vía (trenes, toperas, escombros, etc), generando un fin de ejercicio en el caso de ocurrir una colisión.



Propuesta Técnica

Revisión 0

Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

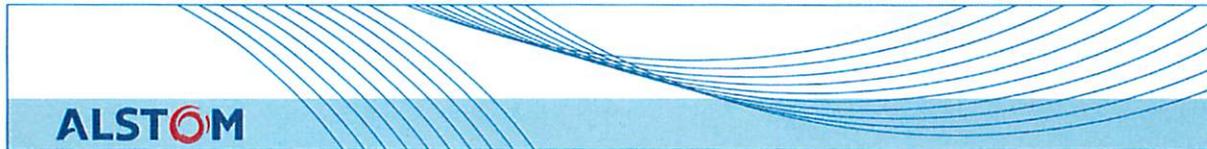
Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM

615

Pág. 14 de 87

Noviembre/2009

00000574



Pupitres Virtuales de conducción con visual y sin integrado realizados para proyectos anteriores.

- Sistemas de Señalización:
- Simulación de los diferentes sistemas utilizados por los trenes en la Línea 12 del S.T.C. con el alcance de funcionalidad a enclavamientos, y que en una primera aproximación puede cifrarse en:
  - Supervisión del sentido de circulación y de la velocidad máxima del tren.
  - Supervisión del exceso de velocidad del trayecto.
  - Detección de presencia de trenes.
  - Garantía de separación segura entre trenes.
  - Transmisión y detección de la señal.
  - Protección de final de vía.
  - Otras acordadas en la Fase de Especificaciones.
  - Simulación de enclavamientos por medio de la reproducción de los Planes de Explotación.
  - Emulación de la representación e interfaz existentes en el Centro de Control del estado de la línea y sus componentes de señalización (agujas, señales) y la posición de los trenes dentro de la misma.
  - Simulación y representación realista en el Sistema Visual de las señales ferroviarias presentes en la línea real modelada.
  - Simulación y representación dinámica realista en el Sistema Visual de las agujas existentes en la línea real modelada con diferentes posibilidades de posicionamiento.
- Entorno de Tráfico Ferroviario:
  - Generación de diferentes niveles de tráfico ferroviario que proporcione al conductor un entorno realista de la línea y de la circulación sobre la misma, manteniendo el cumplimiento del sistema de señalización simulado.
  - Gestión individual de los diferentes trenes que constituyen dicho tráfico permitiéndose: creación y destrucción de trenes, fijar el porcentaje de la velocidad máxima a la que puede circular el tren.
  - Los trenes generados poseerán unas curvas de comportamiento tracción/frenada semejantes a las correspondientes al modelo en circulación por la línea.

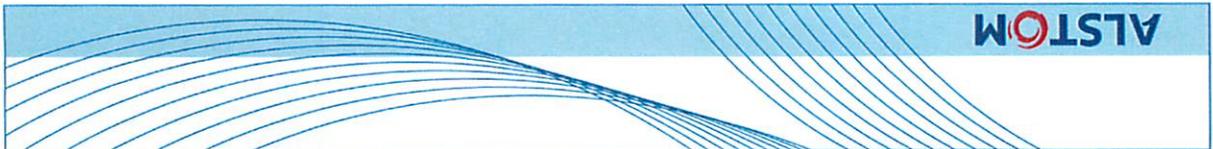
- Entorno de Simulación:

- Modelado de la línea 12 del S.T.C.: modelado de estaciones a nivel realista personalizado y modelado de los trayectos a nivel genérico con las características del trazado: curvas y pendientes, y con particularización de aquellos elementos representativos: agujas, bretelles, señales,...

La presencia de edificios, monumentos, etc. representativos estará limitada a cuatro por kilómetro de línea exterior, con objeto de no sobrecargar el funcionamiento del motor visual. El resto de elementos del entorno exterior serán genéricos, aunque reproducirán la tipología del entorno. Estos elementos representativos serán elegidos de forma conjunta con el S.T.C. durante la fase de Diseño.

Esta oferta incluye de forma exclusiva el modelado y simulación de la línea 12 del S.T.C., a modo indicativo se presentan las características principales de la línea en la siguiente tabla:

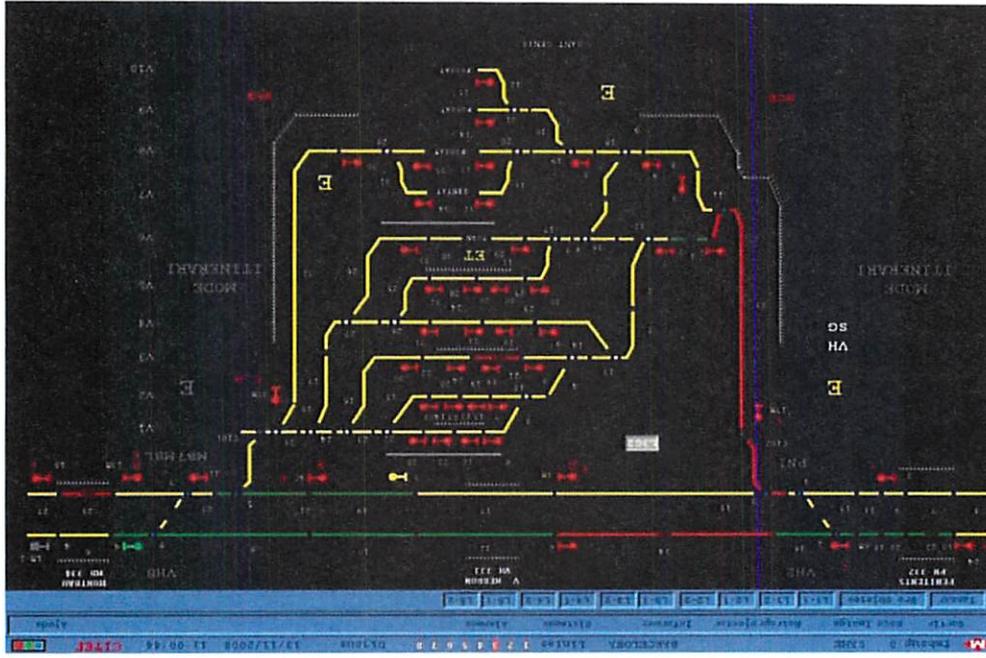
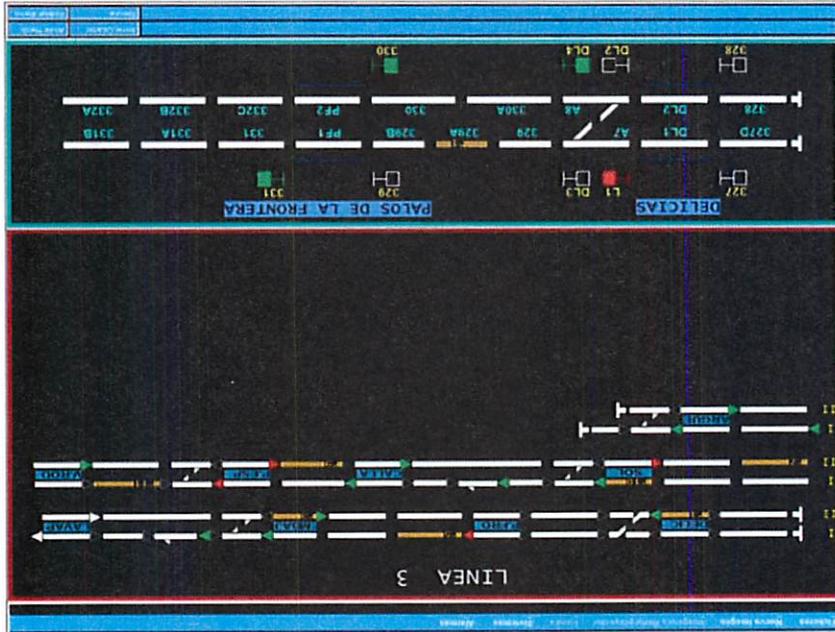
Representación tridimensional visual del recorrido de los trenes que incluirá el modelado de las señales, agujas, catenaria, balizas y lazos, entorno geográfico y otras Unidades circulando.



Ejemplos de paneles de control de la línea realizados para proyectos anteriores.

• Herramienta de Control de la Formación, HECOFORM:

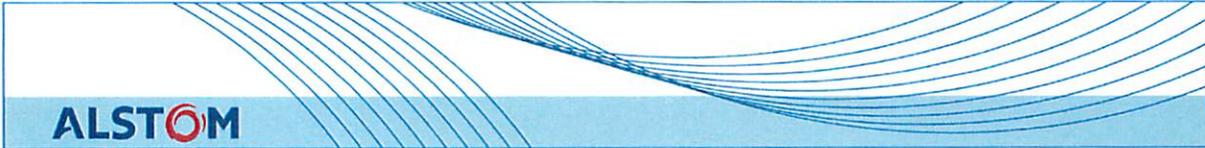
• Funcionalidad de programación de ejercicios que incluya condiciones iniciales, incidencias de circulación,



Handwritten signature and date: 17 de 87

Handwritten red mark

Handwritten red vertical line



00000578

averías y rutas de la Unidad Tren.

- Modificación dinámica durante el ejercicio de las averías, incidencias, rutas, condiciones de circulación y condiciones del entorno ambiental.
- Supervisión de los ejercicios simulados en los Puestos de Formación en tiempo real de simulación.
- Grabación de los ejercicios realizados por los alumnos.
- Representación del panel de control de la línea con una interfaz de usuario similar a la utilizada en el Centro de Control de forma que el Instructor pueda realizar las funciones del Operador de cara a la simulación y formación en conducción y en control de operaciones.
- Comunicaciones entre el Puesto de Instructor (simulando las capacidades del Centro de Control) y la Unidad Tren.

## 5. ESPECIFICACIÓN DE DETALLE.

### 5.1 General.

El simulador estará compuesto de los sistemas que se relacionan a continuación:

- La instalación de los siguientes puestos del Simulador en un aula de formación proporcionada por el S.T.C.:
  - o Tres Puestos de Conducción.
  - o Un Puesto de Instructor (PI). Así mismo, en dicha aula, se dispondrá de los siguientes sistemas:
    - o Sistema visual de alta calidad. Se dispondrá de un sistema específico por cada Puesto de Conducción basado en retroproyección.
    - o Sistemas de entradas/salidas orientado a la sensorización de los elementos del Puesto de Conducción.
    - o Sistema de audio y comunicaciones. Estará integrado con el sistema de proceso. En el caso del Puesto de Conducción, dispondrá de un sistema independiente adicional que permita la comunicación directa.
    - o Sistema de procesos, dotado de los modelos matemáticos del tren. Se dispondrá de un sistema específico por cada Puesto de Formación.
- Un servidor de Base de Datos centralizado.

De forma general, desde un punto de vista operacional, el Simulador de Conducción y Averías dispondrá de las siguientes capacidades y funcionalidades:

- Reproducción de la cabina de la Unidad de Tren por medio del Puesto de Conducción.
- Reproducción virtual foto-realista, de todos los elementos de actuación presentes en la Unidad Tren (cabina, fuera de la cabina y recinto de viajeros).
- Simulación del comportamiento de la Unidad Tren a través del modelado matemático de sus distintos subsistemas.

- Capacidad de conducción de la Unidad Tren.
- Modelado "realista" de la línea 12 del S.T.C.. El trazado y las señales de la línea serán los reales.
- Capacidad de generación de tráfico, a través de la funcionalidad de trenes automáticos.
- Presentación visual del recorrido del tren que incluye el modelado de los elementos más representativos del mismo (estaciones, señales, incidencias en la vía, personas en las estaciones, salidas de emergencia, elementos de vía, edificios, geometría de las calles, etc.).
- Planificación de ejercicios que incluye condiciones iniciales, incidencias, averías e itinerario establecido.
- Posibilidad de introducir de forma dinámica durante el ejercicio, las averías e incidencias y variar las condiciones de circulación, según criterio del instructor.
- Visualización de los procedimientos de gestión de averías.
- Grabación de ejercicios realizados y posterior reproducción de estos.
- Reproducción realista de los sonidos de la Unidad Tren (elementos sonoros de cabina, fugas, y otros).
- Comunicaciones.
- Simulación del sistema ATP en sus posibles modos de conducción.
- Simulación de enclavamientos, establecimiento y disolución de itinerarios durante la simulación.
- Capacidad de realizar test del sistema, y permitir al instructor calibrar y modificar los distintos ajustes del sistema.

A continuación se describen detalladamente los alcances de cada uno de los sistemas.

## 5.2 Arquitectura.

Todo el desarrollo estará realizado para funcionar sobre plataforma PC-Windows, bajo sistema operativo Microsoft Windows XP Profesional.

La arquitectura será modular, al objeto de facilitar la escalabilidad y distribución del simulador en determinados equipos dentro de una red. De esta manera, el sistema estará preparado para poder instalar el

mismo en una red corporativa.

El diseño de los distintos interfaces con el usuario, será de acuerdo a los convencionalismos habituales de Windows en cuanto al comportamiento de las aplicaciones, no obstante, aquellos módulos que correspondan a equipos reales simulados conservarán las características de representación y manejo que poseen los mismos en la realidad.

### **5.3 Modelos de Comportamiento.**

Se realizarán modelos de alto nivel de detalle de la Unidad Tren y la vía, de forma que se puedan provocar sobre ellos incidencias y averías.

#### **5.3.1 Modelos tren.**

La respuesta de los modelos será similar a la realidad, de tal forma que el usuario tenga la sensación de que conduce y actúa realmente en una unidad en circulación por la línea 12 del S.T.C.. Para ello, los modelos responderán ante la actuación por parte del alumno ante cualquiera de los elementos disponibles en la cabina, y armarios (elementos virtuales).

Se realizarán modelos detallados de las Unidades Tren.

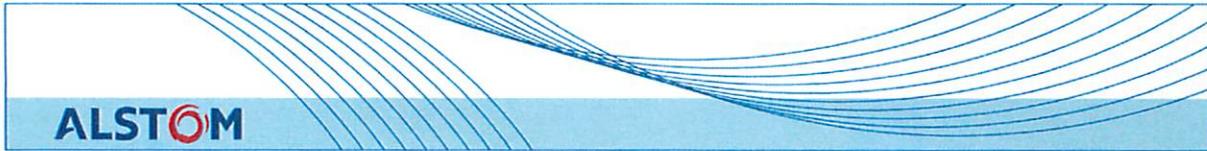
No se incluirán en la simulación la operatividad de aquellos elementos cuya funcionalidad en un simulador sea de escasa o nula utilidad, entre ellos:

- Limpiaparabrisas y lavaparabrisas: no tendrán operatividad.
- Funcionalidades de equipos electrónicos destinadas al mantenimiento.
- Otros que se definan durante la fase de especificación.

Los modelos del tren, estarán constituidos por modelos independientes de los siguientes subsistemas:

- Circuitos eléctricos: Al objeto de que el comportamiento sea lo más similar al tren real, se realizará un modelo detallado de la mayoría de los circuitos, incluyéndose en los mismos todos los elementos característicos (contactos, relees, pulsadores, etc.)

- Circuitos neumáticos: Se realizará un modelo detallado de los circuitos neumáticos disponibles en la



00000582

Unidad Tren.

- Elementos electrónicos: Se realizarán modelos de los efectos que producen cada uno de los sistemas electrónicos de cara a la conducción.

Dado que realizar modelos completos de este tipo de equipos es extremadamente complejo, los modelos limitarán sus funcionalidades a las que tiene acceso el conductor y que puedan ser documentadas.

A modo orientativo, se indica que los equipos electrónicos que existen en el modelo de material móvil en circulación por la línea 12 del S.T.C.:

- o Equipo de tracción.
- o Equipo de freno.
- o Radiotelefonía.
- o Megafonía.
- o Anunciador de estaciones.
- o CCTV.
- o Sistema de retrovisión.
- o Hombre muerto.
- o Alarma de viajeros.
- o Sistema antipatinaje-antideslizamiento.
- o Registrador.
- o Sistema de diagnóstico, ayuda a la conducción y mantenimiento.
- o Puertas.
- o Convertidores.
- o ATP.
- o ...

En la fase de Especificación Funcional de Requisitos, S.T.C., y Alstom definirán de manera conjunta el alcance en el modelado de cada uno de los sistemas anteriores.

- Comportamiento dinámico: Se simularán los efectos dinámicos y cinemáticos longitudinales y

Propuesta Técnica Revisión 0

Material Rodante

Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Noviembre/2009

Pág. 22 de 87

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM

623

transversales que afectan al tren (conjunto Unidad Tren). Entre ellos, se simularán las aceleraciones, velocidades y espacio recorrido como consecuencia de las distintas fuerzas que se dan en el vehículo.

Se tendrán en cuenta para el cálculo de dichos esfuerzos el comportamiento de los sistemas de tracción, así como de frenado con sus diferentes modalidades: freno neumático, freno eléctrico y freno electromagnético.

En el cálculo de todos estos esfuerzos se tendrán en cuenta las diferentes configuraciones y tipos de carga que se establezcan en la composición de la Unidad Tren simulada durante cada ejercicio.

Entre las fuerzas a incluir se considerarán:

- o Fuerzas aerodinámicas en túnel y en espacios abiertos
- o Resistencias al avance en función del radio de las curvas
- o Esfuerzos de tracción y freno de la Unidad Tren. Para considerar la acción de los mismos sobre la vía, se tendrán en consideración los coeficientes de adherencia rueda-carril.
- o Fuerzas inerciales.

o Fuerza de gravedad como consecuencia de las pendientes o rampas del trazado.

- Sonidos: Se reproducirá con un alto nivel de detalle todos aquellos sonidos que son percibidos desde una cabina de conducción, para ello,

se procederá a grabar en formato digital de alta calidad los sonidos reales de los trenes.

Los sonidos serán grabados por Alstom en unidades reales, en particular el sonido de rodadura se grabará a velocidad baja para luego ser reproducido modificando su frecuencia y volumen dando la sensación de movimiento a más velocidad en el simulador.

La activación de los sonidos estará relacionada con cada uno de los modelos que los generen (dinámica, electrónica, neumática, etc.).

Se diferenciará los sonidos correspondientes a la circulación por el interior y por el exterior de los túneles, se tendrá en cuenta los efectos de la velocidad sobre la reproducción de los sonidos. En caso

de cruce con otros trenes, se considerará el efecto doppler.

En el caso del Puesto de Conducción se montará un sistema de sonidos tridimensional en el interior. El sistema permitirá la reproducción simultánea de hasta 24 sonidos de entre los disponibles.

En el Puesto de Instructor se dispondrá de un sistema de sonido estéreo.

La librería de sonidos dispondrá de capacidad al menos hasta 60 sonidos diferentes, y se tendrán en consideración sonidos como:

- o Avance del tren: Combinará los sonidos aerodinámicos y de rodadura. Se diferenciará si el tren está en el interior del túnel o en el exterior. Al variar la velocidad, variará la frecuencia y el volumen de dicho sonido.
  - o Silbato.
  - o Convertidores.
  - o Onduladores traccionando y frenando.
  - o Bocinas de la cabina de conducción: Tales como exceso de velocidad y hombre muerto.
  - o Subida y bajada del pantógrafo.
  - o Sonidos que emitan los equipos reales simulados de forma virtual.
  - o Actuaciones neumáticas.
  - o Otros.
- Comunicaciones: En los Puestos de Conducción se dispondrá de comunicaciones con el Puesto de Instructor, de forma similar las realizadas entre los trenes reales y el PCC.

Para ello, se tendrán en cuenta los distintos sistemas que pudiesen funcionar con todas las capacidades incluidas en las mismas.

En el caso de grabación del ejercicio, se procederá a grabar las comunicaciones para su posterior reproducción.



00000585

### 5.3.2 Tren virtual.

El Tren Virtual se trata de una aplicación con interfaz de ventanas en la que se integran las funcionalidades necesarias para poder interactuar con una Unidad Tren simulada en un entorno virtual.

Esta aplicación será utilizada para monitorizar un tren en ejercicios (desde el Puesto de Instructor), así como para que los alumnos de los Puestos de Conducción puedan interactuar con el tren en aquellos elementos reales no disponibles en su puesto.

Esta aplicación será utilizada para monitorizar un tren en ejercicios, así como para que los alumnos de los Puestos de Conducción puedan interactuar con el tren en aquellos elementos reales no disponibles en su puesto.

El Tren Virtual dispondrá de:

- Sistema de Navegación y generales.
- Pupitre Virtual.
- Armarios Virtuales.

La aplicación contará con tres modos de funcionamiento: operación, monitorización y reproducción.

#### 5.3.2.1 Sistema de navegación y generales.

El sistema de navegación estará formado por una vista en planta de la Unidad Tren donde se introducirán los botones necesarios para marcar cada uno de los armarios o lugares sobre los que se pueda actuar: armarios, paneles, pupitres, etc.

Utilizando el sistema de navegación, el alumno podrá seleccionar la cabina desde la que desee conducir, el armario en el que manipular,...

Dentro de la aplicación del Tren Virtual existirá una zona donde se podrán visualizar procedimientos de resolución de averías, manuales de conducción, etc.

#### 5.3.2.2 Pupitre virtual.

Propuesta Técnica Revisión 0

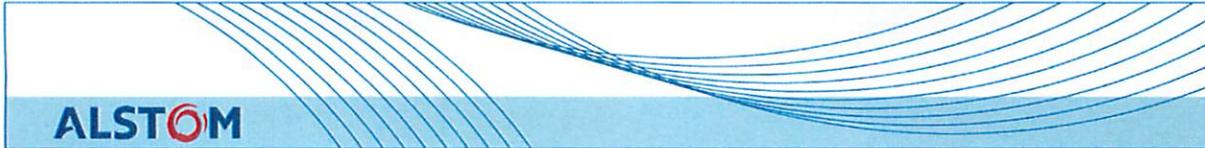
Material Rodante

Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México,

Noviembre/2009

626

Pág. 25 de 87



00000586

El pupitre virtual estará formado por una representación visual foto-realista del pupitre de conducción en la que será posible actuar sobre todos los elementos incluidos en el modelo del tren.

Incluirá los elementos accionables y de información al conductor presentes en el pupitre de conducción real. Contará con una visualización del velocímetro aumentada y situada fuera del propio pupitre que permita conocer en todo momento desde la vista general las indicaciones de este elemento.

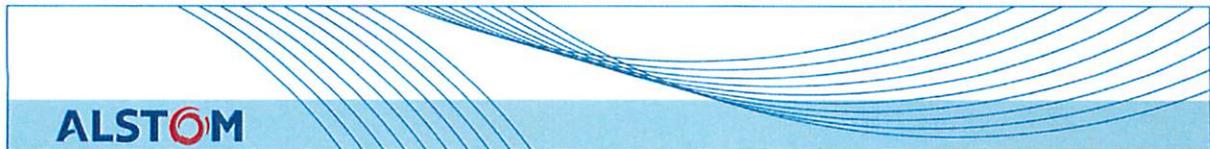




Se dispondrá de un sistema de zoom que permitirá acercar la visualización a cualquier de los subpaneles o a los elementos particulares: velocímetro, monitor de ayuda a la conducción, etc.

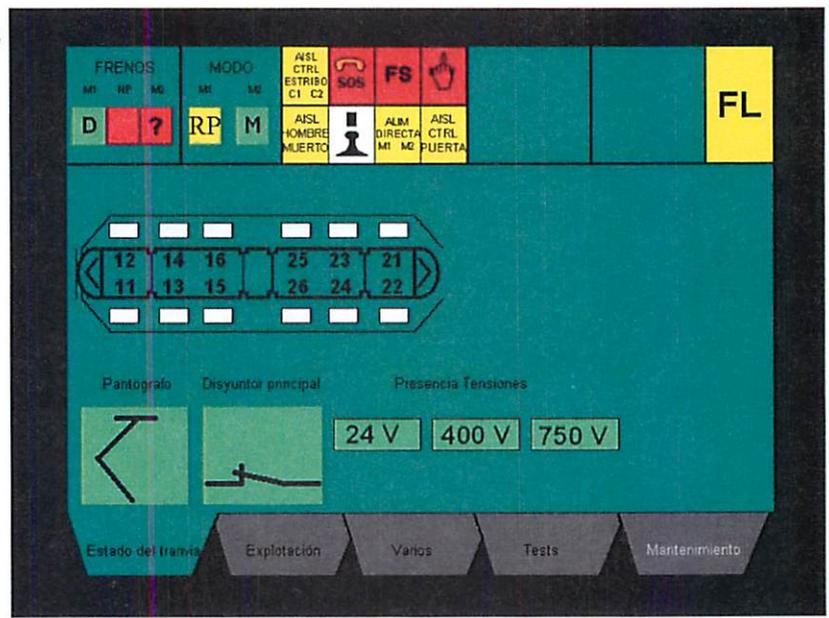
El interfaz de usuario estará diseñado de forma que se permita realizar todas las acciones necesarias de una manera clara e intuitiva: pulsar, mover, enclavar, pulsar dos botones simultáneamente, etc.

Contará con una zona de indicaciones adicionales que permita visualizar rápidamente algunas magnitudes importantes y de difícil visualización en la vista general: velocidad, etc.



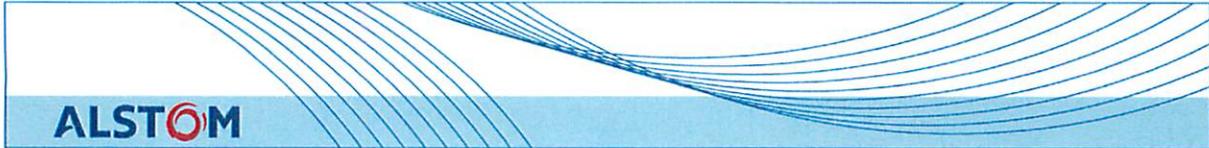
Contará con la representación del sistema visual encajado en el parabrisas del Puesto de Conducción.

Simulación del  
detección de averías  
proyecto anterior.

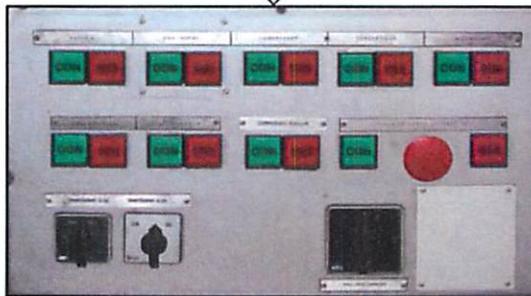
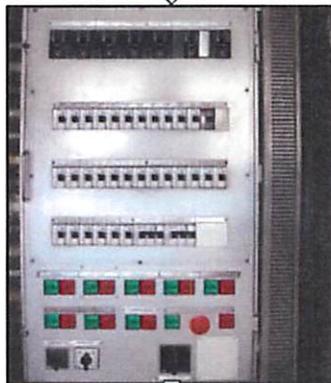
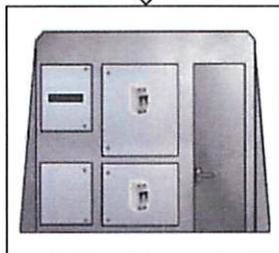
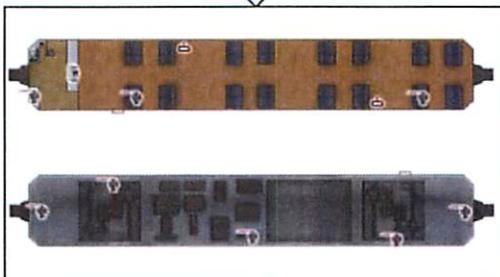


sistema de  
realizado para un



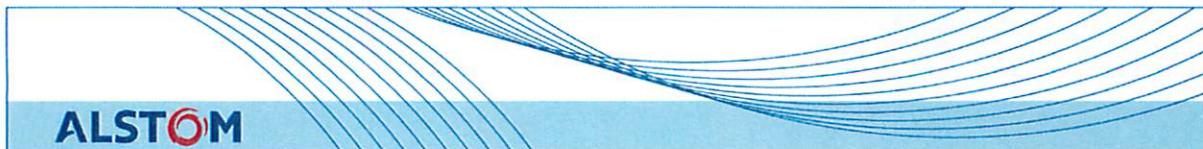


Esquema de funcionamiento de Armarios Virtuales realizados para un proyecto anterior.



2

17



### 5.3.2.3 Armarios virtuales.

Los armarios virtuales de la Unidad Tren estarán formados por una representación visual foto-realista de los mismos en la que será posible actuar sobre todos los elementos incluidos en el modelo software del tren: paneles de térmicos, seccionadores, llaves neumáticas, tiradores de alarma, etc.

Desde el Puesto de Instructor y desde los Puestos de Conducción, a través de este módulo, se podrá actuar sobre todos los elementos accionables existentes a lo largo del tren y no ubicados en los pupitres de conducción.

### 5.3.3 Modelos línea.

La respuesta de los modelos será similar a la realidad, de tal forma que desde los Puestos de Conducción se tenga la sensación de que se conduce y actúa realmente sobre un tren de la línea 12 del S.T.C..

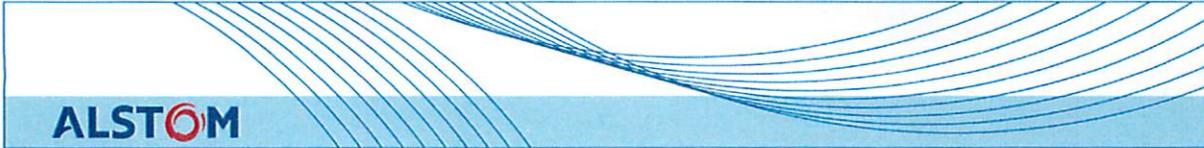
A modo indicativo se presentan las líneas a modelar:

Los modelos de la línea simulada, incluirán una descripción completa de las características de la misma, tanto a nivel de trazado (curvas y gradientes) como de señalización (enclavamientos, circuitos de vía, señalización, etc.).

En el Puesto de Instructor se dispondrá de una representación gráfica de la línea desde donde se podrá gobernar el estado de las mismas durante la simulación.

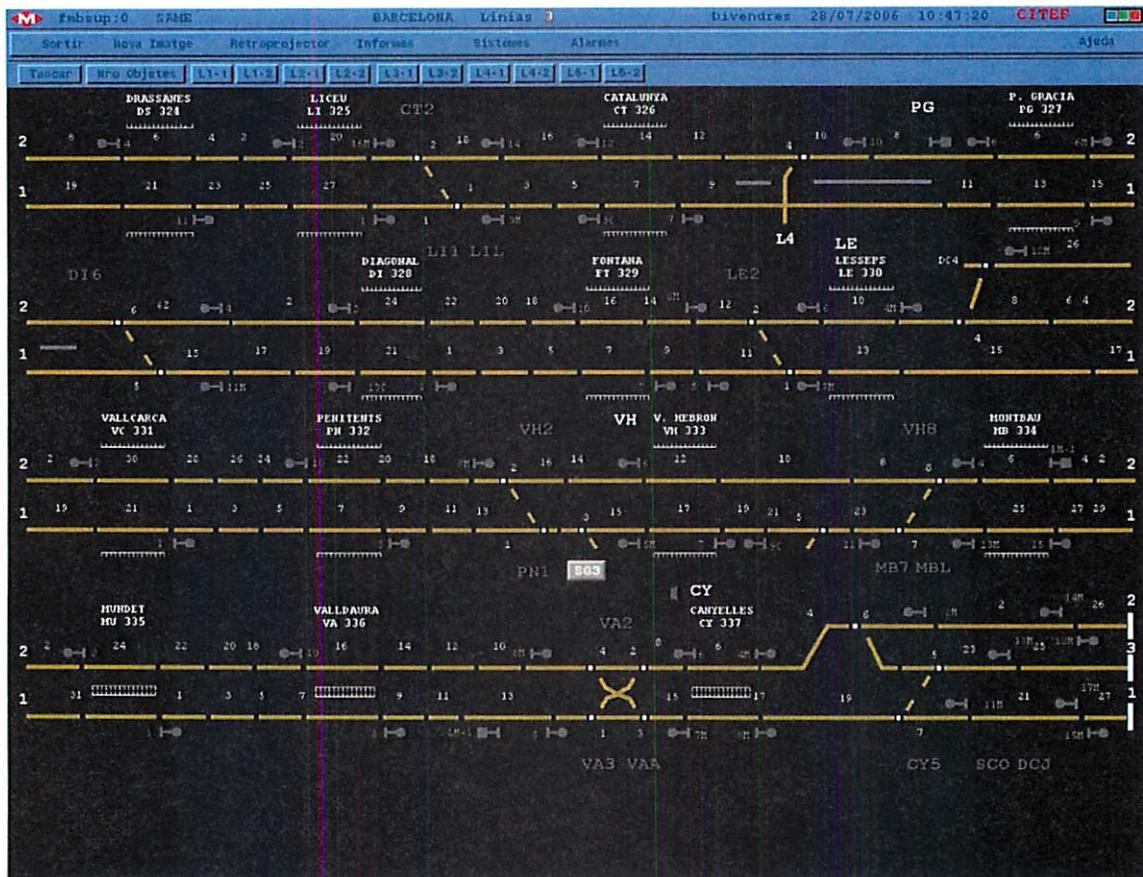
Los códigos del sistema de señalización ATP se generarán de acuerdo a las características reales de la misma, de forma que se adaptarán a las condiciones de circulación.

Se modelarán todos los elementos característicos de una línea, tales como señales, agujas y desvíos, toperas, balizas, etc., de forma que serán del mismo tipo y forma que en la realidad.



Panel de control de la línea realizado para un proyecto anterior.

Las señales, agujas, desvíos y cruces, funcionarán de acuerdo a la lógica de cada uno de los enclavamientos. Si bien, de igual forma que en la realidad, se podrá actuar sobre ellos de forma manual desde el



Puesto de Instructor.

Los enclavamientos simularán la señalización de la línea, incluyéndose los condicionantes para el

Propuesta Técnica Revisión 0

Material Rodante

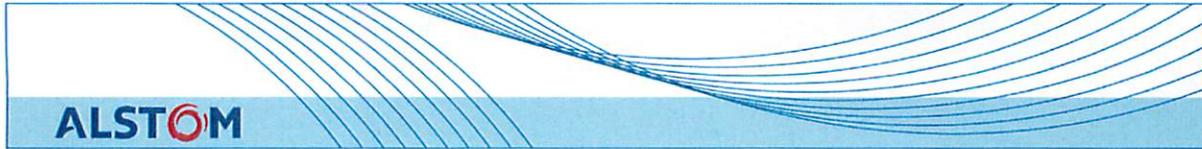
Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Noviembre 2009

Pág. 31 de 87

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM

632



establecimiento de itinerarios, incompatibilidades, vueltas automáticas, etc.

Se dispondrá en el Puesto de Instructor de una representación del panel de control de la línea con una interfaz de usuario similar a la utilizada en el Centro de Control de forma que el Instructor pueda realizar las funciones del Operador de cara a la simulación y formación en conducción.

### 5.3.3.1 Trenes automáticos.

Los trenes que circulan por la línea, distintos del tren conducido que se pueden controlar desde el simulador, serán simulados de forma automática, sin necesidad de operar sobre ellos para que su comportamiento sea similar al real. Para ello, estos trenes dispondrán de las curvas de tracción y frenado semejantes a las de trenes reales, cumplirán la señalización de la línea (de forma que ante una señal en rojo se paren de igual forma que lo haría un tren real), etc.

Desde el Puesto de Instructor, se podrá seleccionar cuatro niveles de tráfico (punta, media, valle y sin tráfico). Se podrá eliminar todos los trenes automáticos excepto los que estén alrededor del conducido.

El número de trenes automáticos en la línea vendrá en función de la configuración de la misma y del nivel de tráfico seleccionado.

De forma puntual, el Instructor podrá eliminar o añadir trenes en cualquier posición de la línea siempre y cuando se cumplan los condicionantes de seguridad. Así mismo, se podrá regular la velocidad de los trenes (uno a uno, o sobre el total de los trenes automáticos) sobre un porcentaje de la velocidad máxima que pueden llevar en cada momento de la simulación.

### 5.3.4 Modos de funcionamiento.

Los modelos del tren y de la línea podrán operar en dos modos distintos de funcionamiento:

- *Modo de entrenamiento individual:* Se ejecutarán los distintos ejercicios planificados previamente

desde el Puesto de Instructor.

Los modelos se iniciarán bajo las condiciones iniciales establecidas en el Puesto de Instructor. Una vez iniciados, se irán lanzando las averías e incidencias, al paso por un punto kilométrico determinado, transcurrido el tiempo programado o porque el instructor decida puntualmente el lanzamiento de la misma.

Se simularán los efectos derivados de la operación de los distintos elementos de la cabina y armarios (elementos virtuales y/o reales).

El estado de todos los elementos de la simulación, se podrán monitorizar desde el Puesto de Instructor (y representar en la pantalla de proyección colectiva). Esta representación será sobre el pupitre y armarios virtuales.

Se procederá a grabarse los eventos ocurridos sobre los modelos de tren para su posterior reproducción, previa indicación del Instructor.

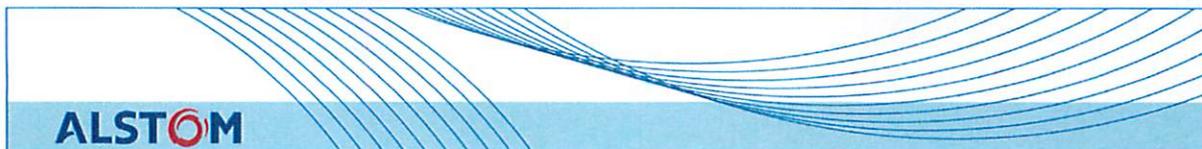
- *Modo Reproducción de Ejercicios:* Se reproducirán las distintas actuaciones y respuestas dadas por el modelo del tren en un ejercicio grabado anteriormente.

En este modo, se permitirá la pausa, parada y reanudación de la reproducción.

Se comunicarán al Puesto de Instructor los estados de los elementos del tren según evolucionan a lo largo de la reproducción del ejercicio.

### 5.3.5 Averías e incidencias.

Todas las averías e incidencias, podrán provocarse de forma individual o combinada. Por ello, el número máximo de averías/incidencias disponibles, será tan alto como el número de combinaciones de todos los elementos entre sí.



Las averías podrán activarse de dos formas:

- De forma automática: Desde el Puesto de Instructor, se podrán programar ejercicios con una serie de averías. Su activación será por paso por un determinado PK o bien por paso de un determinado tiempo de ejecución del ejercicio.
- De forma manual: Desde el Puesto de Instructor, se podrá activar puntualmente cualquier avería sobre los Puestos de Formación.

#### 5.3.5.1 Averías Unidad Tren

El número de averías simples que se podrán provocar sobre los modelos de la Unidad Tren serán de aproximadamente 50.

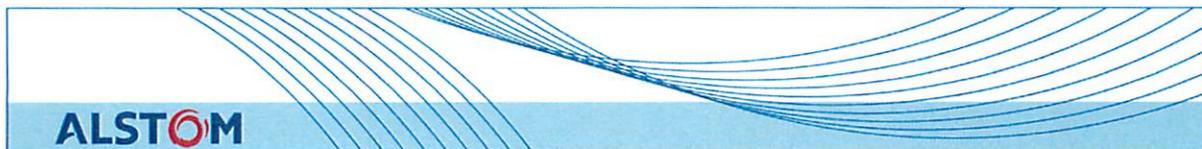
La lista de averías a implementar será acordada con el S.T.C..

Alstom generará una ficha por cada una de las averías. En estas fichas se incluirá la descripción de la avería, el procedimiento para resolverla, sus flujogramas de resolución y clasificación para su utilización en cursos. La documentación para la realización de las anteriores fichas será proporcionada por el S.T.C..

#### 5.3.5.2 Averías en la línea.

Desde el Puesto de Instructor, se podrán provocar un mínimo de 20 averías entre los siguientes tipos:

- Fallo de cualquiera de las lentes de las señales: La lente seleccionada no luce.
- Fallo completo de la señal: La señal seleccionada no cambia de estado.



- Fallo Sobre las agujas: Los elementos seleccionados no podrán variar su estado, el elemento no detecta la posición....
- Avería de las balizas: No transmitirán información al tren.
- Circuitos de Vía: No percibirán ocupación alguna.
- Ocupación intempestiva de circuito de vía.

Estas averías se podrán seleccionar a elementos individuales o a una selección de ellos.

### **5.3.5.3 Incidencias.**

Así mismo se incluirán un mínimo de 20 incidencias (por ejemplo, animal, personas u automóviles en la vía, fuego, adherencia reducida, brigadas de trabajos, etc.) que deberán de ser aprobadas por el S.T.C..

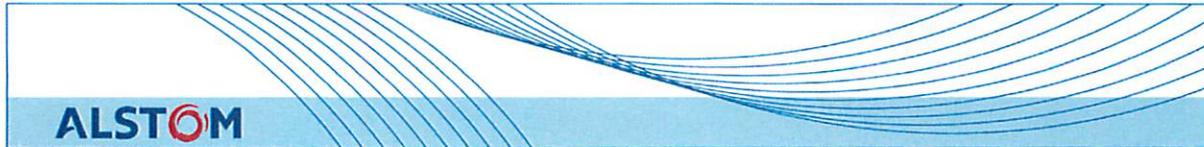
## **5.4 Puestos del Simulador.**

A continuación se presentan los puestos disponibles en el simulador de manera más detallada, así como el alcance del suministro para cada uno de ellos.

### **5.4.1 Puesto de Conducción.**

El Puesto de Conducción dispondrá de una reproducción de la Cabina de Conducción dividida en dos salas: sala de simulación/conducción y sala técnica.

Para ello, se construirá una estructura de forma que queda separada físicamente la sala de conducción,

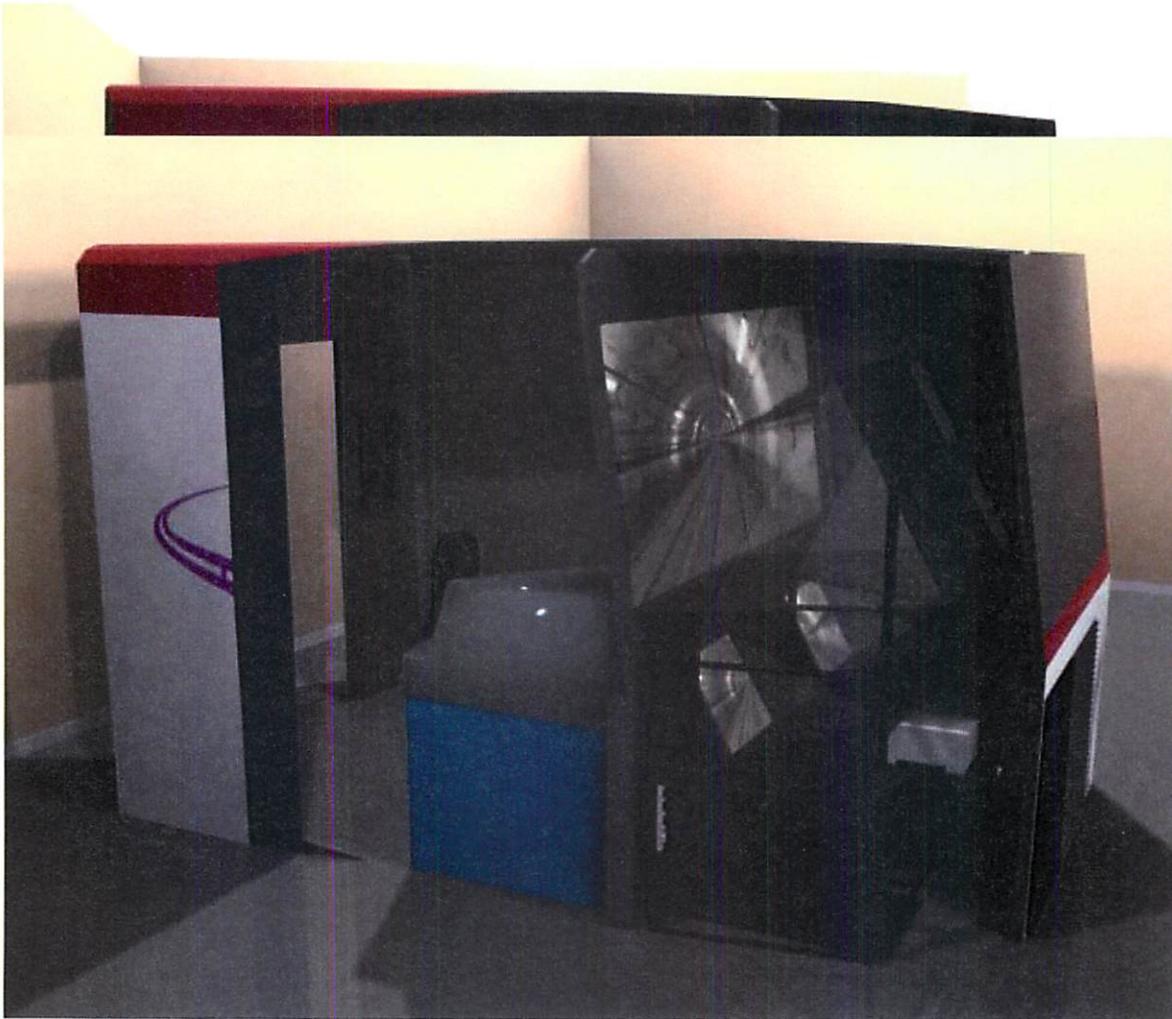
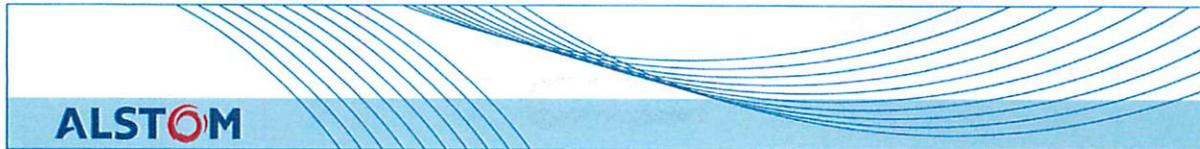


de la sala técnica donde se encuentra los proyectores y equipos informáticos necesarios para el puesto.

Cada una de las dos zonas de la estructura tendrá acceso directo desde el exterior mediante una puerta de acceso en el caso de la sala técnica y mediante una zona abierta para la sala de conducción, sin que ambas salas tengan un acceso directo entre ellas.

La estructura será fabricada de forma modular, para su fácil montaje y traslado, con perfilaría de aluminio normalizada de alta resistencia y acabado en los colores corporativos del S.T.C., incluirá:

- Estructura exterior, modular con 1 puerta de acceso.
- Marco para pantalla panorámica.
- Pupitre de mandos y monitores.
- Soportes para monitores táctiles tipo vesa en pupitre.
- Soporte para monitor táctil tipo vesa en pared lateral.



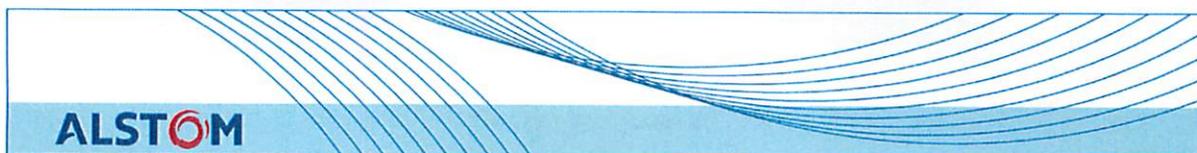
Diseño del Puesto de Conducción con las dos salas cortadas para su visualización en la imagen.

El conjunto dispondrá de unas medidas aproximadas de:<sup>7</sup>

- Medidas totales exteriores aproximadas: Ancho: 2.000 mm., Alto: 2.200 mm., Largo: 3.500 mm.
- Medidas de la sala de conducción aproximadas: Ancho: 2.000 mm., Alto: 2.200 mm., Largo: 2.000 mm.

<sup>7</sup> A concretar en Fase de Diseño con las medidas de la Unidad

- Medidas de la sala técnica aproximadas: Ancho: 2.000 mm., Alto: 2.200 mm., Largo: 1.500 mm.



Diseño del Puesto de Conducción con las dos salas cortadas para su visualización en la imagen.

El cerramiento exterior empleado sobre la estructura será fabricado con dibond con los logotipos del S.T.C. e incluirá:

- Cerramiento a base de paneles de dibond para toda la estructura exterior y en el interior de la cabina de conducción.
- Sobremesa, frontal y lateral de los pupitres.
- Mecanización para ubicación de los elementos de mando y conjunto de botonera en el pupitre de mesa.
- Mecanización para ubicación de los monitores en el pupitre frontal.
- Equipamiento completo para su funcionamiento: mandos reales, monitores táctiles, ordenadores, proyectores, etc

Alstom se conectará de manera correcta a todos los elementos integrados en la Maqueta, de forma que su uso, tenga en el simulador, los mismos efectos que si se actuasen los elementos reales.

Dentro del Puesto de Conducción se montará un sistema visual encargado de simular todos los sonidos que se perciben en la cabina real (descrito más adelante). Así mismo Alstom montará una cámara y micrófono de ruido ambiente, al objeto de poder ser visualizado desde la Posición de Instructor durante la realización de ejercicios.

Desde un punto de vista operacional el Puesto de Conducción dispondrá de las siguientes capacidades y funcionalidades:

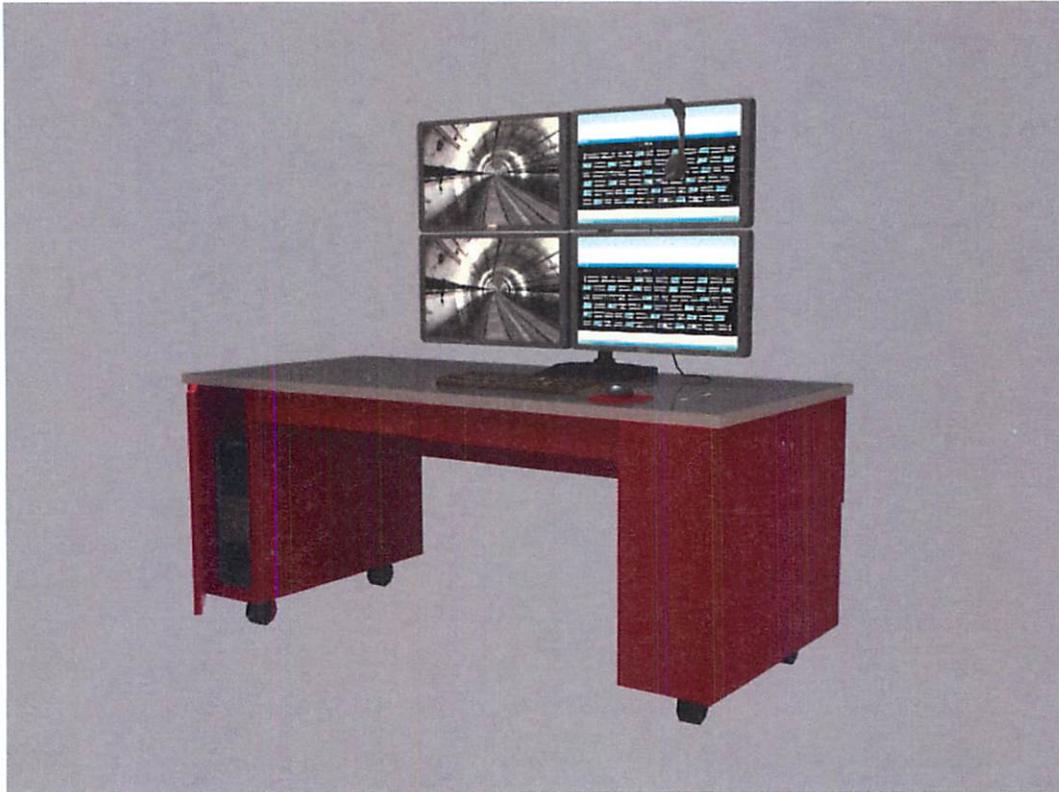
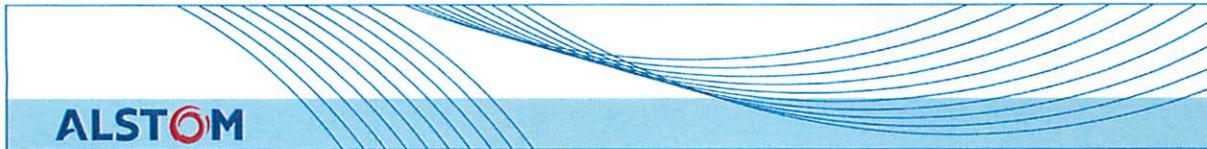
- Representación, mediante un sistema visual específico, la línea por la que se está circulando.
- Representación virtual foto realista del tren conducido para aquellos elemento sin representación física.
- Reproducción de los sonidos de la Unidad Tren real.
- Simulación fidedigna del comportamiento de la Unidad Tren a través del modelado matemático de sus distintos subsistemas.
- Posibilidad de introducir de forma dinámica, averías e incidencias.



## 5.4.2 Puesto de Instructor.

Desde este puesto el instructor podrá:

- Gestionar el encendido, apagado y chequeo del simulador.
  - Gestión de los usuarios.
  - Gestionar los planes de formación, cursos y ejercicios para ser realizados desde cualquier puesto del simulador.
  - Gestionar la pantalla de proyección colectiva.
  - Monitorizar cualquiera de los puestos del simulador.
  - Establecer comunicaciones con cualquiera de los puestos del simulador.
  - Introducir averías o incidencias en tiempo real o programado sobre cualquiera de los puestos del simulador.
  - Visualizar las imágenes de la cámara montadas sobre el Puesto de Conducción.
- Reproducir los ejercicios previamente almacenados. Para tener capacidad de realizar todas estas funciones, el Puesto de Instructor dispondrá de cuatro pantallas planas (TFT) y de una impresora láser. El puesto estará preparado para funcionar con el simulador apagado, de forma que un instructor pueda preparar nuevos ejercicios o planes de formación sin necesidad de encender todos los equipos.



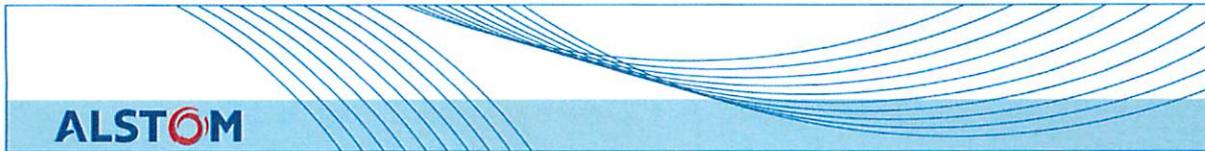
Montaje indicativo del Puesto de Instructor.

#### 5.4.2.1 Gestión de encendido, apagado y chequeo del simulador.

Formará parte del suministro, la definición de los circuitos eléctricos y el cuadro de magneto-térmicos de los equipos del simulador. Dicho cuadro se definirá de manera que esté preparado para que desde el Puesto de Instructor, se pueda retirar el suministro eléctrico a todos los equipos. El montaje de estos circuitos será responsabilidad de Alstom.

El cuadro estará dividido en circuitos por cada uno de los principales sistemas (Puesto de Instructor y Puestos de Conducción).

Cuando desde el Puesto de Instructor se dé orden de encendido de los equipos, todos los sistemas del simulador, arrancarán de forma automática.



Todos los computadores estarán configurados de forma tal que los usuarios no puedan ejecutar ningún otro programa de los autorizados. De igual forma, no podrán acceder al sistema de archivos, ni a ejecutar atajos del teclado de Windows.

Cuando se encienda el simulador, en el Puesto de Instructor se ejecutará un chequeo inicial en el que se compruebe el correcto encendido de todos los equipos, indicándose en caso contrario que equipos no se han encendido correctamente.

Adicionalmente, desde el Puesto de Instructor se podrá lanzar un modo de mantenimiento y chequeo que permita al instructor y al personal que mantenga el sistema comprobar el correcto estado de todos los elementos del simulador. Desde dicho modo de mantenimiento, se podrá reiniciar cualquiera de los equipos o procesos sin necesidad de proceder al apagado completo del simulador.

Desde el Puesto de Instructor, se tendrá la posibilidad de apagar equipos y proyectores de forma individual o un conjunto de ellos sin necesidad de tener que ir a los mismos a realizar alguna operación previa.

#### **5.4.2.2 Gestión de los usuarios.**

Se definirán 4 niveles de usuario de forma que cada uno de ellos disponga de determinados privilegios de uso del simulador.

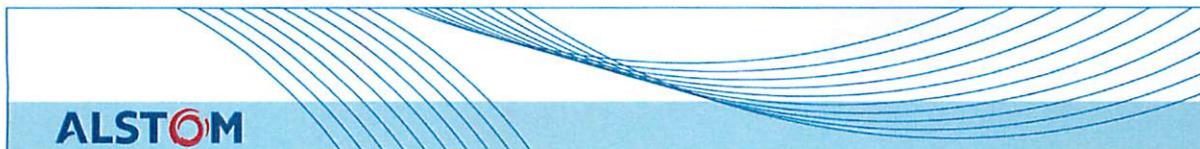
Los permisos se heredarán de los niveles superiores a los inferiores, es decir, un nivel 1 tendrá a su vez permisos de nivel 2, 3 y 4.

La lista de los usuarios, así como sus privilegios, será generada por los propios instructores.

Todos los usuarios tendrán acceso a los Puestos de Conducción en los que podrán realizar los ejercicios que estén programados para ellos.

Todos los datos se almacenarán en la base de datos centralizada. En caso de que los equipos del simulador no tengan acceso a dicha base de datos, el sistema arrancará en un modo básico de funcionamiento local, de forma que no se almacenarán los datos introducidos en dichas condiciones.

#### **5.4.2.3 Itinerarios Formativos.**



Dado la complejidad y elevada potencia que puede ofrecer un simulador de las características ofertadas, se precisa un procedimiento ordenado con el que gestionar adecuadamente la formación dada a los alumnos. Para ello, se precisa disponer de los denominados "Itinerarios Formativos".

El diseño del Itinerario Formativo deberá garantizar las siguientes ventajas en la formación de los conductores:

- Bajos tiempos de formación en comparación a los necesarios en el caso del uso de Unidades Tren reales.
- Baja utilización de las Unidades Tren reales para formación.
- Entrenamientos intensivos en situaciones críticas o de emergencia, hasta su completo dominio.
- Nula existencia de paralizaciones y gastos ocasionados por accidentes o averías en el material móvil a consecuencia de la utilización de Unidades Tren reales.
- Menor nivel del estrés de formación en maquina real.
- Posibilidad de adaptación de los niveles de formación dependiendo de cada persona (Personalización).
- Entrenamiento en aspectos generales independientemente del tren y de los diferentes entornos.
- Posibilidad de evaluación conjunta con el alumno una vez finalizado el ejercicio.

El Itinerario Formativo deberá definir ejercicios tipo con objetivos docentes claros que serán controlados por la aplicación de formación instalada en el Puesto de Instructor.

La definición de los Itinerarios que se realizarán en los Puestos de Formación permitirá la construcción de un sistema organizado de planificación de formación. Dicho sistema será construido a partir de una estructura didáctica que recogerá al menos los siguientes conceptos:

- *Ejercicios:* Propuesta realizada por el Instructor, a resolver o realizar por el alumno, de duración variable, que tiene un objetivo de entrenamiento definido, y se sitúa en un escenario de conducción al que se aplican unas condiciones iniciales de ejecución, así como una secuencia cronológica de sucesos e incidencias.
- *Lecciones:* Grupo de ejercicios de características similares que satisfagan un objetivo de entrenamiento concreto.
- *Cursos:* Conjunto de ejercicios transversales a los ejercicios de simulación, que se agrupan bajo un determinado criterio pedagógico.



En modo de edición, el instructor podrá visualizar los parámetros de cada uno de los ejercicios definidos. Así el instructor podrá seleccionar un determinado ejercicio para modificar alguno de los parámetros en él configurados o crear un nuevo ejercicio a partir de uno ya existente.

La forma de trabajo consistirá en seleccionar una serie de ejercicios, a partir de los definidos previamente, para constituir lo que se denominará lecciones. A partir de una serie de lecciones se podrán constituir cursos.

Con objeto de facilitar la gestión de éste sistema todos los elementos poseerán:

- Identificador o breve descripción del contenido.
- Descripción general del contenido del elemento.
- Listado de los elementos que constituyen el grupo de elementos.

Al objeto de disponer de dichos Itinerarios desde cualquier puesto del simulador, los datos se incluirán en la base de datos central.

En cualquier momento, se podrá generar nuevos Itinerarios Formativos usando como referencia los elementos ya existentes (ejercicios, lecciones, cursos, etc.).

Al objeto de poder realizar un correcto seguimiento de los ejercicios realizados por los alumnos, será posible asignar alumnos a nivel de Cursos, de forma que en la base de datos se almacene el estado y evolución de los alumnos dentro de cada uno de los Itinerarios. Así mismo, se almacenará el tiempo empleado por el alumno en realizar cada uno de los ejercicios y el paso por determinados eventos de control (por ejemplo, si el tren ha alcanzado un determinado punto kilométrico es porque se ha debido resolver la avería).

Dentro de los Itinerarios Formativos: cursos y lecciones, se marcará un orden de realización de los ejercicios que deberá ser seguido por los alumnos. En cualquier caso, los ejercicios ya realizados por los alumnos podrán ser repetidos a voluntad de éstos.

Para los ejercicios realizados, será posible introducir comentarios en el Puesto de Instructor sobre lo

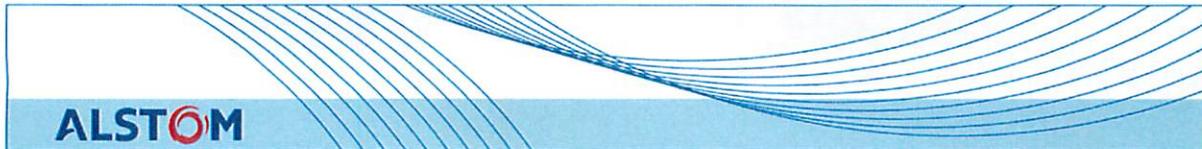
Propuesta Técnica Revisión 0

Material Rodante

Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC – Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Noviembre/2009

Pág. 43 de 87



ejecutado por el alumno, tanto durante el ejercicio como al final.

#### 5.4.2.4 Monitorización del simulador.

Al objeto de poder realizar un correcto seguimiento de los ejercicios realizados por los alumnos, y permitir que el resto de los alumnos aprendan de las acciones realizadas por otro alumno, desde el Puesto de Instructor, se podrá acceder a monitorizar completamente, y en tiempo real, los ejercicios que se están realizando en cualquiera de los puestos del simulador.

En ningún momento, dicha monitorización afectará al rendimiento del simulador.

Dicha monitorización consistirá en:

- Presentación de las imágenes del visual recorrido. Las imágenes serán de alta calidad y definición.
- Imágenes y sonidos correspondientes a la cámara y micrófono ubicado en el Puesto de Conducción.
- Mediante la aplicación del tren virtual, se podrá monitorizar el estado de cada uno de los elementos de la Unidad Tren simulada (por ejemplo, si se está pulsando un elemento, o si se dispara un térmico, etc.).

Dado que resultaría imposible predecir qué elementos se están accionando, se dispondrá de dos modos de funcionamiento:

- Seguimiento automático: En este modo, el sistema irá cambiando de forma completamente automática la imagen representada a la correspondiente a las zonas del tren que esté accionando el alumno.
  - Seguimiento manual: En una parte de la pantalla de tren virtual, se indicará un pequeño esquema de la Unidad Tren y de las zonas disponibles para la visualización. Sobre dicha zona, parpadeará la zona sobre la que el alumno esté actuando, de forma que el instructor pueda acceder a ella pinchando con el ratón.
- Se accederá a una pantalla resumen de la línea por la que se está circulando, de forma que se vea claramente la posición del tren conducido y del resto de los trenes.

#### 5.4.2.5 Comunicaciones con el simulador.

Se dispondrá de dos tipos de comunicaciones:

- Operación del simulador. Estas comunicaciones serán del tipo full-duplex. Serán independiente del



estado de la simulación. El instructor podrá seleccionarlas desde el momento que el equipo (Puesto de Formación y Puesto de Conducción) esté encendido.

- Tipo Centro de Control. Se simularán las comunicaciones de la misma manera que en el Centro de Control. Se tendrán en cuenta el tipo de radio con todas las funcionalidades de que se disponga.

En la grabación de los ejercicios, se procederá a grabar las comunicaciones realizadas con el Puesto de Instructor.

#### **5.4.2.6 Introducción de las averías e incidencias.**

Se podrá proceder a activar averías para cualquier Puesto de Formación y Puesto de Conducción del simulador.

Se dispondrá de una ventana de generación de averías dotada de las siguientes zonas:

- Árbol jerarquizado agrupado por sistemas. Desde este árbol, se podrá seleccionar los elementos averiados, y sus correspondientes averías, dentro de cada uno de los sistemas.
- Ficha de las averías. En dichas fichas se recogerán los efectos, otros sistemas afectados, procedimientos de resolución y flujogramas del mismo, de la avería seleccionada en función de la información facilitada por el S.T.C..

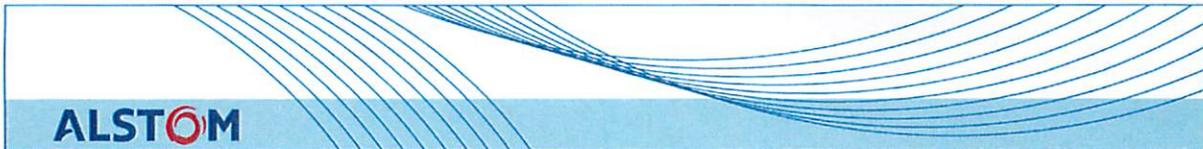
A voluntad del usuario, se podrá ocultar o mostrar cualquiera de las zonas.

Tanto las averías como las incidencias podrán ser activadas por medio de los siguientes condicionantes: punto de la línea, intervalo de tiempo desde el comienzo

del ejercicio, instantáneamente. Para definir el punto de la línea, se presentará un plano de la línea con representación de los distintos circuitos de vía, señales, agujas y estaciones, de forma que el usuario pueda seleccionar el punto elegido de forma gráfica.

En la lista de averías se podrá disponer de todas las averías o del conjunto de las mismas asociadas al curso que se esté dando.

#### **5.4.2.1 Visualización de las imágenes de las cámaras.**



En el Puesto de Conducción se montará una cámara dotada de micrófono en el interior. Dicha cámara será de calidad profesional y con capacidad de funcionar en condiciones de muy baja luminosidad.

Desde la Posición de Instructor se podrá visualizar en todo momento las imágenes de dicha cámara, grabándose las mismas para la posterior reproducción de los ejercicios.

#### **5.4.2.2 Grabación y reproducción de ejercicios.**

El sistema permitirá la grabación de los ejercicios realizados en cualquiera de los puestos del aula de formación, si bien, sólo se podrá proceder a grabar un puesto de forma simultáneamente.

En el Puesto de Conducción se grabará el vídeo y el audio de su interior con una frecuencia mínima de 5 imágenes/segundo, si bien, el instructor podrá decidir la no grabación del vídeo. Se estudiará la necesidad de realizar una grabación limitada a 15 minutos de tiempo, iniciada a voluntad del Instructor.

La grabación podrá comenzar a partir de un punto kilométrico determinado, activación de una avería o incidencia. En cada momento que ocurra un evento definido por el Instructor, se creará una marca en la grabación, al objeto de poder ir directamente a estos puntos durante la reproducción de los mismos.

Se incluirán el estado de los elementos del tren (tensión, presión, abierto, cerrado, etc.)

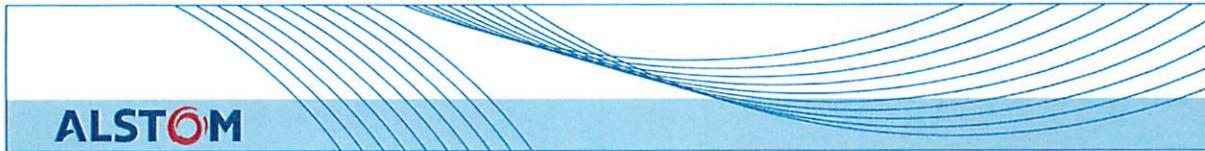
La reproducción de los ejercicios podrá realizarse a tiempo real o a mayor velocidad. Durante la reproducción, se podrá acceder al tren virtual reflejándose en el mismo el estado de cada uno de sus elementos.

### **5.5 Sistema de Representación Visual del Entorno.**

El sistema visual es el encargado de proporcionar las referencias visuales o de posición correlacionadas con el entorno geográfico en el cual se encuentra el conductor en el interior del tren.

#### **5.5.1 Hardware del sistema de representación en el Puesto de Conducción.**

Por ser una ayuda basada en la visión contribuye en un alto grado a la sensación de inmersión y por lo



tanto a la satisfacción en el grado de fidelidad global del Simulador. El sistema visual debe permitir la adecuada toma de referencias de distancia minimizando los errores de paralaje y perspectiva así como proporcionar una resolución y visibilidad que permitan, de la forma más realista posible, la detección, reconocimiento e identificación de cualquier objeto. Al mismo tiempo, no debe producir ningún efecto que produzca distracción, referencias falsas

o parpadeos que puedan perjudicar al entrenamiento.

El Sistema de proyección se compondrá de una pantalla plana de retroproyección frontal sobre la que se proyecta la imagen por un proyector de alta resolución, alimentados por la salida de un Generador Visual.

La resolución frontal será igual o superior a 1400x1050 pixels.

La imagen se refrescará a una frecuencia que en ningún momento será inferior a 30 Hz, y estará exenta de saltos y discontinuidades, así como del efecto de escalera ("antialiasing").

El proyector utilizado será de la calidad adecuada para minimizar la variación de las cualidades de la proyección al calentarse.

La zona de proyección estará cerrada para impedir el paso de luz ambiente.



### 5.5.2 Hardware del sistema de representación en PI.

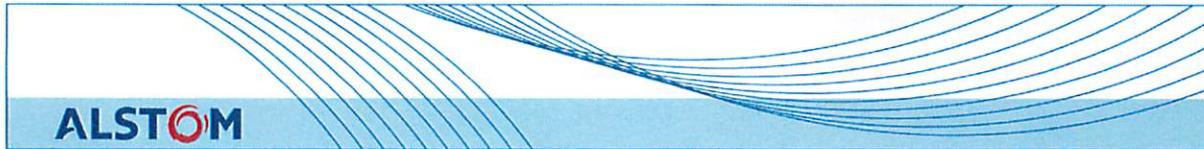
El Sistema estará integrado con la herramienta de gestión de la simulación y se compondrá de una



pantalla de TFT de fabricante reconocido y alta calidad, de mínimo 19”.

La pantalla será de buena calidad en el momento de la adquisición, si bien como mínimo, cumplirá las siguientes características:

- Resolución mínima 1280x1024 píxeles a 75 Hz.
- Tiempo máximo de refresco: 25 ms.
- Contraste: 600:1.



• Tamaño punto inferior a 0,29. En la fase de pruebas del simulador, se realizará el ajuste del ángulo de visión a representar en esta pantalla. La imagen se refrescará a una frecuencia que en ningún momento será inferior a 30 Hz, y estará exenta de saltos y discontinuidades, así como del efecto de escalera ("antialiasing").

En la pantalla montada sobre el Puesto de Instructor, se podrá visualizar las imágenes que se están emitiendo en cualquiera de los Puestos de Formación.

### 5.5.3 Modelos de la Base de Datos del Sistema Visual.

Desde el sistema visual se podrá generar la simulación de cualquiera de las líneas existentes en la actualidad en la red del S.T.C., aunque en esta fase estará exclusivamente incluida la línea 12.

El entorno de los túneles y exteriores, será el real en cuanto al trazado, señalización (incluyendo su identificador) y elementos más representativos de la línea (por ejemplo, balizas ATP, armarios, salidas emergencia, túneles emergencia, etc.). De igual forma, las estaciones estarán realizadas con un alto nivel de detalle.

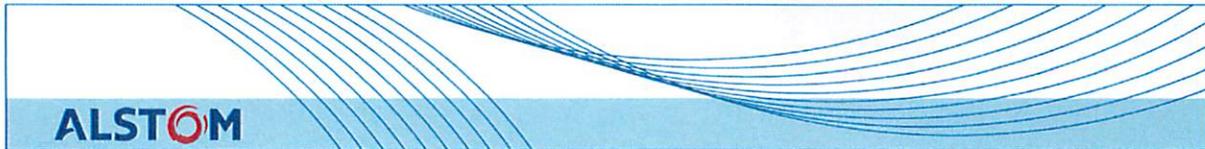
Se representarán los distintos tipos de túnel por los que se circula.

Se simulará el comportamiento de los espejos de andén.

Se presentarán los pasajeros en los andenes, de forma que estos accedan y salgan de la unidad.

En el caso de trayectos por el exterior, se representará una franja nunca inferior a los 350 m a ambos lados de la vía. Se representarán las vías y catenaria,

así como otros elementos que se vean en el trazado. Aparecerán las señales fijas y luminosas de la línea así como elementos representativos y de referencia en la conducción en los tramos entre estaciones. Se incluirá la geometría de las calles y los elementos arquitectónicos más característicos (plazas, calles, edificios, monumentos, paseos, etc.), quedando la presencia de edificios, monumentos, etc. específicos limitada a dos por



kilómetro de línea con objeto de no sobrecargar el funcionamiento del motor visual. El resto de elementos del entorno exterior serán genéricos, aunque reproducirán la tipología del entorno. Estos elementos representativos serán elegidos de forma conjunta con el S.T.C. durante la fase de Diseño.

Las imágenes proyectadas, podrán simular una gran cantidad estados distintos de los túneles y estaciones (por ejemplo, entorno atmosférico variable, estaciones con luminosidad variable, variación del punto de parada de los trenes, cantidad de viajeros, etc.).

En ningún momento, se verán aparecer los distintos elementos que componen el visual. En caso de que la solución que se adopte para evitar dicho problema, sea el de aplicar una niebla, la distancia a la que se aplique no será inferior a 500 m.

Se reproducirán condiciones ambientales en zonas exteriores. Entre las condiciones representadas se encontrarán al menos: lluvia (en diferentes grados), niebla (con diferente intensidad), sol (diferentes horas del día), noche.

Se deberá proporcionar a Alstom documentación de planos, dimensiones, etc. y acceso a instalaciones del S.T.C. para realizar grabaciones, fotografías, mediciones, etc. de los elementos necesarios para preparar el visual. Todo ello con suficiente antelación para la preparación de la entrega: ver planificación.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'A' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Handwritten signature and date: *Noviembre/2009*

652

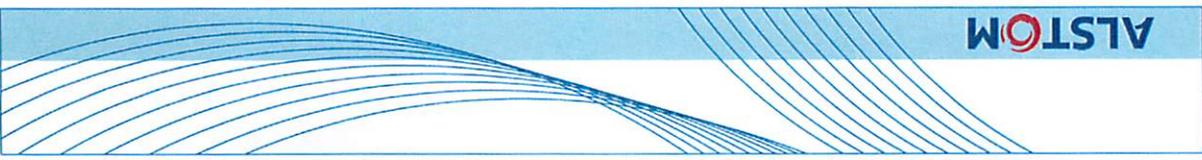
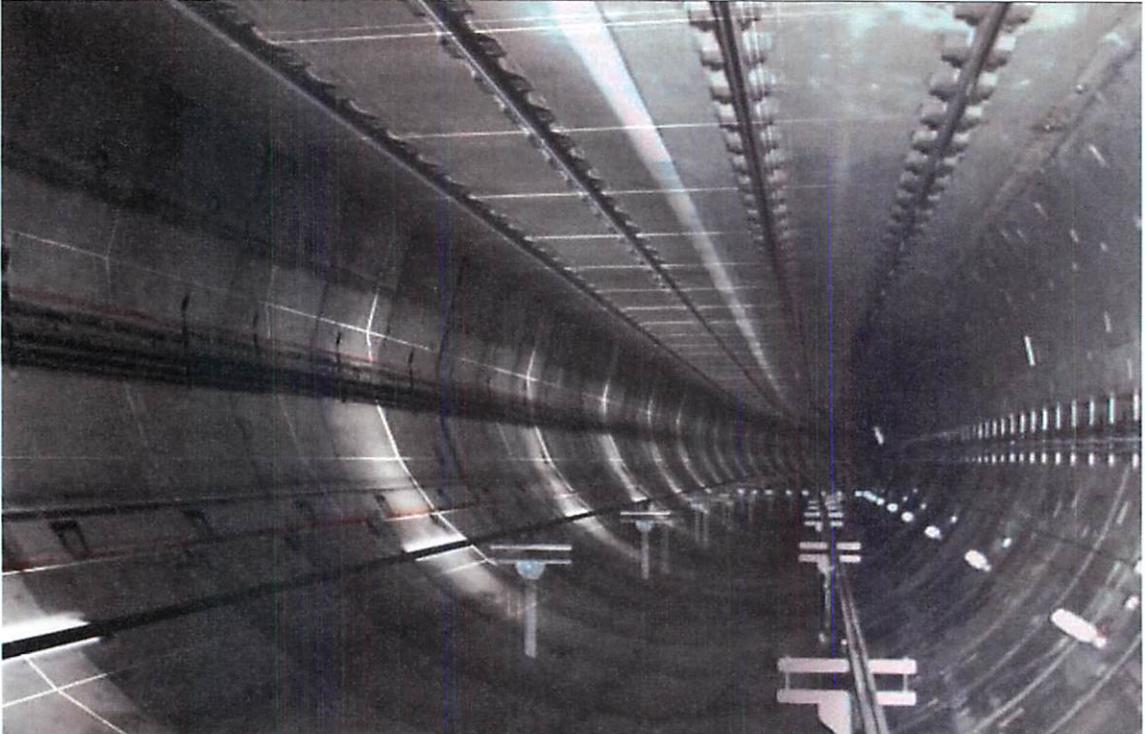
Pág. 51 de 87

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM

STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

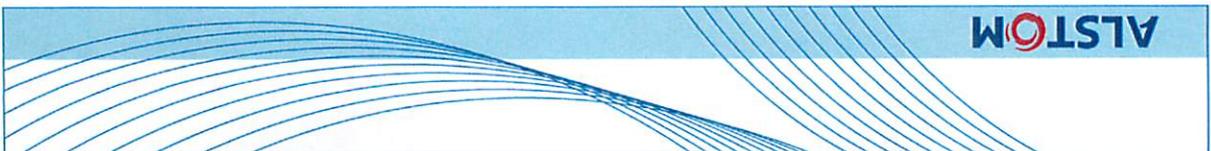
Fabricación de 30 Trenes Férreos

Propuesta Técnica  
Revisión 0  
Material Rodante

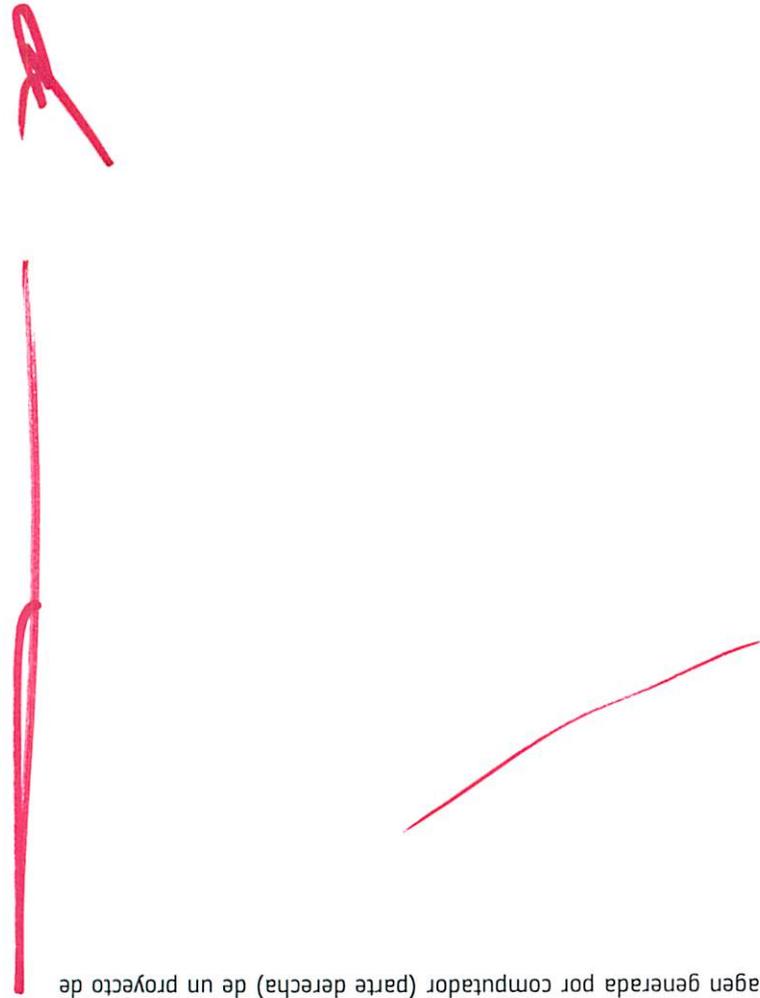


00000611

00000612



Montajes formados por fotografía real (parte izquierda) e imagen generada por computador (parte derecha) de un proyecto de simulador anterior.



Propuesta Técnica      Revisión 0

Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM

653

Pág. 52 de 87

Noviembre/2009

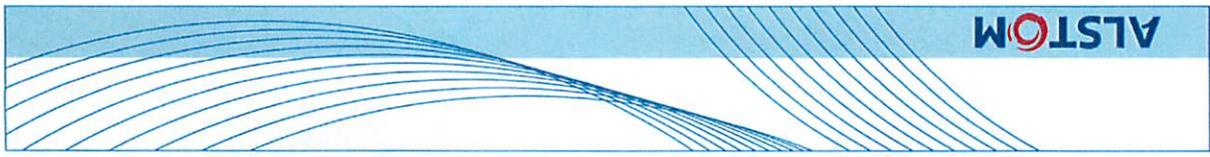
A handwritten signature in blue ink is located in the top right corner of the page.

654  
Pág. 53 de 87  
Noviembre/2009

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM  
Fabricación de 30 Trenes Ferreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México  
Propuesta Técnica Revisión 0  
Material Rodante

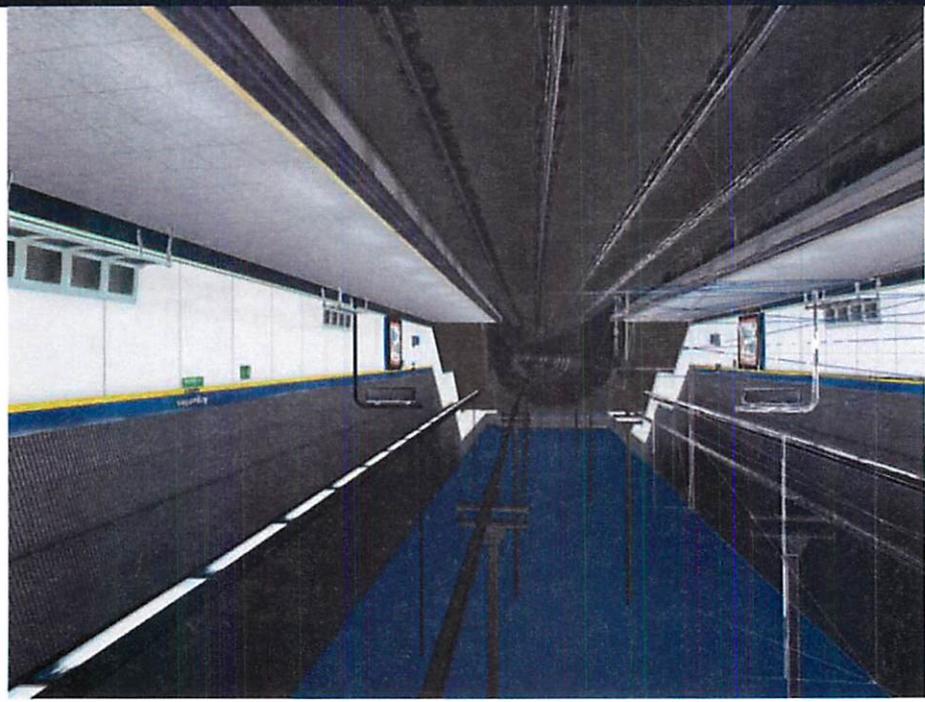
SIN TEXTO

R



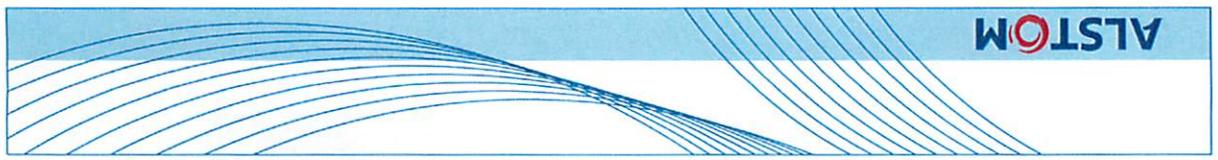
00000613

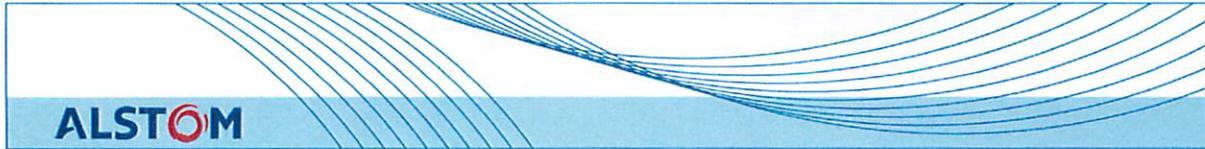
Handwritten signature in blue ink.



Handwritten red mark.

Handwritten red vertical line.





Imágenes generadas por computador para un proyecto de simulador anterior.

## 6. REALIZACIÓN DEL PROGRAMA.

Alstom estará a cargo durante la realización del proyecto de los siguientes puntos: desarrollo, producción, integración y pruebas del software de aplicación correspondiente a las distintas funcionalidades recogidas en la oferta. Además será responsabilidad de Alstom la instalación y realización de pruebas de instalación del Simulador de Conducción y Averías del S.T.C. en su localización definitiva.

Los trabajos recogidos en ésta oferta referentes a diseño, producción, integración, instalación y servicio postventa se realizarán de acuerdo con los procedimientos propios de trabajo de ALSTOM, cumpliendo en cualquier caso con un nivel mínimo de diseño del software será un SIL 0 (s/EN50128).

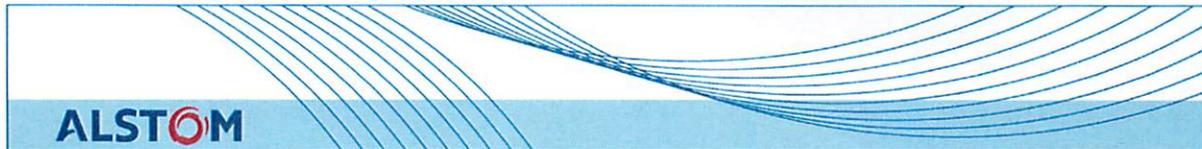
Al objeto de realizar el correcto seguimiento de la evolución del proyecto, Alstom entregará al S.T.C. de forma periódica un informe que, al menos, recoja:

- Tareas realizadas en el periodo: listado de los avances de los trabajos durante el período.
- Tareas pendientes de realizar.
- Representación, sobre un diagrama de Gantt del estado de la evolución del proyecto.
- En caso de que sea preciso, ALSTOM entregará un listado con la propuesta justificada de cambios a realizar sobre el planning del proyecto.

### 6.1 Documentación Técnica del Proyecto.

Alstom entregará al realizar la entrega, y dentro del mes siguiente a la Recepción Provisional de la misma, toda la documentación técnica del Sistema, así como la documentación de operación y mantenimiento del simulador, excepto la Especificación Funcional y la Especificación de Pruebas que serán entregadas anteriormente.

Al menos, incluirá la información que se indica a continuación:



- Descripción técnica detallada del Sistema y equipos constituyentes.
- Planos "as built" de todos los cableados tanto eléctricos como de comunicación y control, detallando la nomenclatura y finalidad de cada uno de ellos.
  - Manuales de operación y utilización de todos los sistemas, indicando una descripción de éstos, diagramas de procesos y operación, con ayudas y textos explicativos: Manual del Administrador, Manual del Puesto de Instructor, Manual del Puesto de Conducción, Curso de Operación. Con estos manuales el usuario estará perfectamente documentado para realizar una explotación máxima y óptima del sistema, recogiendo todos los eventos y acciones existentes, es decir, cualquier casuística posible que pueda producirse, y las tareas y/o respuestas que el usuario debe realizar.
- Manual del Administrador y mantenedor del sistema.
- DVD´s de instalación de todo el software.
- DVD´s con los manuales de operación, instalación y configuración, de todo el software.
- Manual de Mantenimiento de todos los sistemas, junto con un Curso de mantenimiento.
- Informe ejecutivo tríptico (500 ejemplares en color) para promoción del Simulador. El contenido de esta documentación será aprobado previamente por el S.T.C. y deberá editarse en Español.

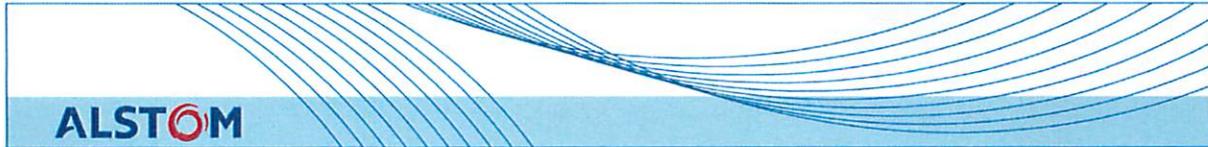
Se entregarán tres (3) copias en papel y tres (3) en soporte informático, de toda la documentación.

Toda la documentación en soporte informático se entregará en DVD-ROM y será instalada en el Puesto de Instructor.

La documentación escrita será editada en papel de buena calidad, encuadrada y clasificada, y fácilmente legible y reproducible. Los textos escritos se presentarán en formato DIN A-4. Los planos se dibujarán en formato DIN A-2 o DIN A-3, a las escalas convenientes.

El formato de la misma será compatible con MS-WORD 2003 o posterior para los documentos y AUTOCAD 2004 o posterior para los planos.

La denominación y formato de los planos y documentación deberá de ser acordada con el S.T.C..



Independientemente de las entregas de documentación en cada una de las fases, se generará la siguiente documentación a lo largo del proyecto, según los hitos reseñados en la planificación:

- Especificación Funcional de Requisitos. Se describirán con detalle las funcionalidades de cada uno de los módulos. Se entregará al finalizar las Fase de Diseño, primera fase del desarrollo.
- Especificación Técnica de Pruebas. Será entregada con un mes de antelación a la realización de las pruebas.

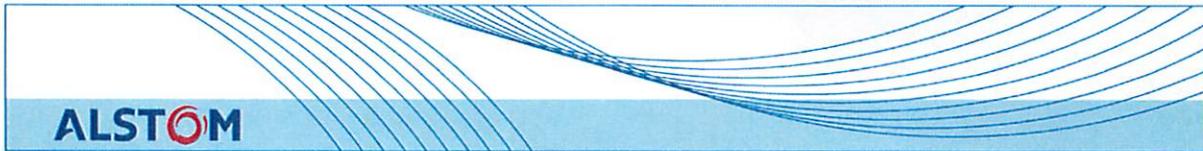
## 7. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA, ACEPTACIÓN, RECEPCIÓN.

### 7.1 Documentación Técnica de Partida.

Alstom y S.T.C. acordarán todos los documentos que se definan como necesarios, para describir la funcionalidad del material rodante; el sistema de señalización; el trazado de la vía; manuales y reglamento de conducción, procedimiento de resolución de averías, etc.

Toda la información anterior deberá ser proporcionada en tiempo y forma, conforme a la planificación del proyecto.

Existirán unos hitos de cierre de la documentación a considerar para el desarrollo del Simulador. Estos hitos estarán suficientemente separados de la fecha de entrega para garantizar la correcta implementación de las funcionalidades documentadas. Las pruebas del Simulador se ajustarán a las funcionalidades definidas en la documentación recibida.

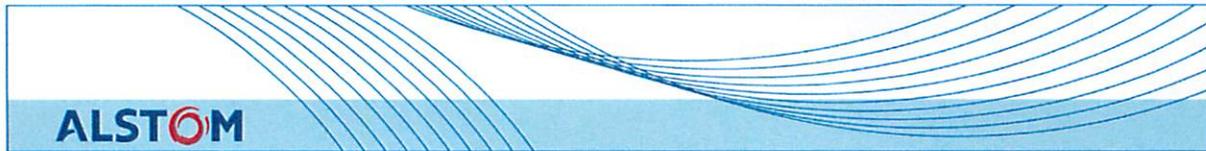


## **7.2 Especificación Funcional de Requisitos.**

La Especificación Funcional de Requisitos a desarrollar durante la Fase Uno, será presentada al S.T.C. para su aceptación, previas las modificaciones que se acuerden. En esta Especificación se definirán entre otros, todos aquellos puntos necesarios para que el simulador funcione de acuerdo con los parámetros dados por el S.T.C. y con los objetivos de instrucción establecidos. Una vez aprobada, esta Especificación Funcional de Requisitos se convertirá en el documento de referencia, válido para cualquier aclaración sobre las características técnicas o funcionales del simulador.

Por ello, el diseño y desarrollo del Simulador se realizará de acuerdo a lo recogido en la Especificación Funcional de Requisitos, según lo desarrollado en las Especificaciones Técnicas de Diseño y concordante con los datos recibidos del S.T.C..

Posteriormente al cierre de la Especificación Funcional se realizará una reunión con el objetivo de fijar el calendario de entregas y su alcance tanto de documentación por parte del S.T.C. como por parte de Alstom.



## 8. PLAN DE ASISTENCIA TÉCNICA "ON LINE".

### 8.1 Visión general.

Con objeto de facilitar e incrementar la disponibilidad de uso del sistema, Alstom establece un sistema de asistencia telefónica a disposición del personal del S.T.C. con una disponibilidad de uso del mismo de un máximo de 150 horas al año durante un período de DOS años, ampliable posteriormente.

En concreto, la asistencia será acorde al calendario laboral de Alstom y dispondrá de cuatro horas de disponibilidad al día, dentro del horario laboral del S.T.C. y Alstom.

### 8.2 Configuración de la red del Simulador.

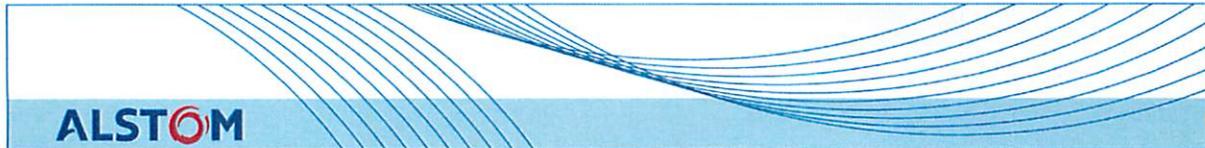
La configuración en forma de red del conjunto de Puestos del Simulador permitirá el acceso "on line" a cualquiera de los diferentes puestos que lo constituyen desde equipos informáticos adscritos a dicha red.

En función de la configuración de acceso a dicha red que se acuerde con el S.T.C. se establecerán los procedimientos operativos para la realización de diagnósticos de averías y funcionamientos incorrectos por parte del personal de mantenimiento.

### 8.3 Requerimientos del mantenimiento "on line".

Será necesario disponer de una conexión externa a Internet, con un ancho de banda mínimo de 1 Mbps.

El mantenimiento "on line" solo será llevado a cabo en caso de que el Puesto afectado no se encuentre en uso por el personal de formación. Además requerirá que todas las instalaciones hardware se encuentren en estado operativo para la gestión externa.



#### **8.4 Alcance de la asistencia.**

Sólo serán mantenidos mediante el sistema "on line" los equipos informáticos que constituyen el Simulador. Así como todos los medios que no requieran de una intervención directa de un usuario: sistema de representación de los Puestos de Formación, funcionamiento operativo del Puesto de Instructor,...

No podrán quedar adscritos a este mantenimiento los equipos que requieran presencia física del personal de mantenimiento, entre los que se puede citar:

- Proyector y pantallas de proyección.
- Pantallas TFT instaladas en los Puestos de Formación y Puesto de Instructor.
- Manipuladores del Puesto de Conducción.

La Asistencia "on line" proporcionada podrá utilizar bien el sistema telefónico, bien el acceso informático a los equipos (en caso de disponibilidad del mismo) para facilitar información y resolución de dudas al personal del S.T.C.. El contenido de la información facilitada se limitará a los procedimientos de uso de los elementos que constituyen los Puestos entre los que podemos destacar:

- Procedimientos de puesta en marcha y apagado del sistema.
- Resolución de problemas de funcionamiento en la configuración de red.
- Resolución de problemas de funcionamiento en el software.
- Resolución de problemas de funcionamiento en los equipos informáticos.
- Resolución de problemas de funcionamiento en los proyectores.
- Resolución de problemas de funcionamiento en los monitores y pantallas de proyección.
- Resolución de problemas de funcionamiento en el sistema de video.
- Resolución de problemas de funcionamiento en el sistema de sonido y comunicaciones.
- Resolución de problemas de funcionamiento en el sistema de adquisición de datos del Puesto de Conducción.
- Resolución de discrepancias de funcionamiento de los modelos de comportamiento del tren.

Handwritten signature in blue ink.

662

Noviembre/2009  
Pág. 61 de 87

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM  
Material Rodante  
Propuesta Técnica  
Revisión 0  
Fabricación de 30 Trenes Ferreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Handwritten mark in red ink.

- Resolución de discrepancias de funcionamiento de los modelos de comportamiento de la línea.
- Resolución de dudas de utilización de las aplicaciones formativas: PI y PCs.



00000621 -



## 9. PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.

### 9.1 General.

Durante el período de garantía, el mantenimiento del sistema correrá a cargo de Alstom.

Posteriormente el S.T.C. podrá hacerse cargo del mantenimiento del sistema a partir de la información suministrada sin que sea imprescindible la subcontratación del mismo a Alstom. Para facilitar dicha labor Alstom proporcionará Soporte telefónico durante 2 años, con una disponibilidad de dicho soporte superior a 300 horas. Lo anterior beneficia en el proceso de transferencia de Tecnología al S.T.C.

### 9.2 Mantenimiento preventivo.

Con objeto de reducir las situaciones de mal funcionamiento del Simulador durante su uso por parte del S.T.C. en las labores de formación, Alstom establecerá un mantenimiento preventivo semejante al descrito a continuación para cada una de las familias de elementos que constituyen el simulador.

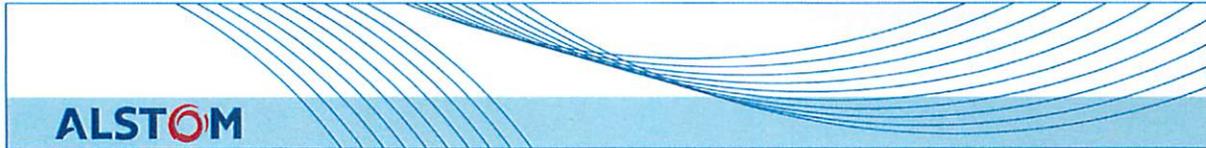
Dicho plan de mantenimiento contempla la parada total o parcial del simulador cada seis meses para realizar un análisis del estado de los diferentes sistemas del simulador.

#### 9.2.1 Elementos software.

Con objeto de garantizar el óptimo funcionamiento del software y debido a la pérdida de rendimiento que se producen en los computadores por su uso continuado (fragmentación del disco duro, pérdida de espacio en disco duro,

desconfiguraciones del hardware,...). Alstom establece una parada de los equipos para un mantenimiento del sistema (desfragmentación del disco duro, borrado de archivos innecesarios,...) una vez cada seis meses. En caso de aparición de problemas se procederá a la reinstalación del software instalado en las máquinas afectadas.

Se estima que el tiempo de análisis de cada máquina será de una hora, y en caso de reinstalación del sistema el proceso requerirá un tiempo aproximado de tres horas por máquina.



### 9.2.2 Equipos informáticos.

Los diferentes elementos hardware de los equipos informáticos que constituyen el sistema serán revisados una vez cada seis meses. Se realizará un análisis del tiempo de uso de las máquinas y se comparará con el tiempo útil previsto de funcionamiento según el fabricante. En caso de superarse el tiempo máximo recomendado de uso se procederá a su sustitución, pudiendo ser necesario en este caso la reinstalación del software de la máquina afectada.

El tiempo de análisis de cada máquina será aproximadamente de una hora, y en caso de sustitución de algún componente hardware disponible como repuesto se requerirá un tiempo aproximado de una hora por máquina.

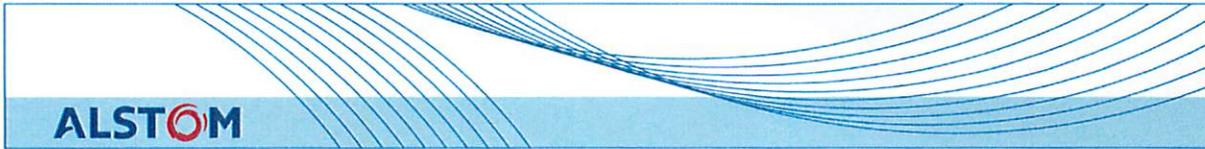
### 9.2.3 Projectores.

Los proyectores que constituyen el sistema (pantalla de proyección colectiva) serán revisados una vez cada seis meses. Se realizará un análisis del tiempo de uso de las lámparas, así como tiempo de uso de las máquinas y se comparará con el tiempo útil previsto de funcionamiento según el fabricante. En caso de las lámparas se procederá a su sustitución con objeto de evitar el deterioro visual provocado en la proyección, mientras en el caso de los proyectores en caso de superarse el tiempo máximo recomendado de uso se procederá a su sustitución.

El tiempo de análisis de los proyectores se calcula que será aproximadamente de una hora, en caso de sustitución de alguna lámpara se requerirá un tiempo aproximado de una media hora por máquina, mientras que en el caso de sustitución de un proyector se estima el tiempo de sustitución en una hora.

### 9.2.4 Pantallas de proyección.

Las pantallas de proyección serán revisadas para analizar los posibles desperfectos que posean en la zona de proyección, así como la decoloración producida en dicha superficie. En caso de que dichos desperfectos no permitan una adecuada proyección se procederá a su sustitución. Dichos análisis serán realizados cada seis meses.



El tiempo de análisis del estado de la pantalla será aproximadamente de una hora, mientras que en caso de sustitución se estima que el tiempo necesario variará entre una y dos horas según las circunstancias del montaje.

00000624

### 9.2.5 Equipos adquisición de datos

Los equipos de adquisición de datos están constituidos por equipos informáticos cuyo mantenimiento se corresponderá con lo descrito anteriormente. No obstante poseen tarjetas de adquisición de datos y un sistema de cableado a los controles ubicados en la maqueta. El software instalado poseerá una herramienta de diagnóstico que permitirá comprobar el buen funcionamiento de todos y cada uno de los elementos hardware sensados. Dicha herramienta será utilizada durante el mantenimiento preventivo para comprobar el correcto funcionamiento de todos los sistemas.

En el caso de los controles hardware, así como del cableado se realizará un análisis del tiempo de uso de los diferentes y se comparará con el tiempo útil previsto de funcionamiento según el fabricante de los mismos. En caso de superarse el tiempo máximo recomendado de uso se procederá a su sustitución,

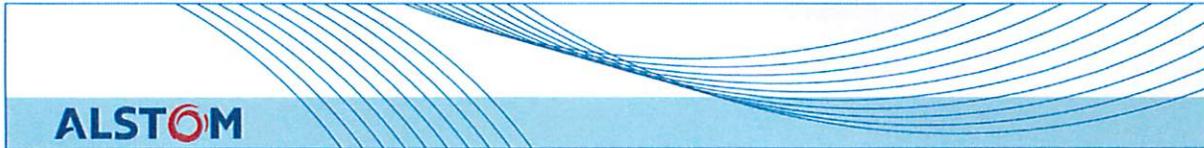
pudiendo ser necesario en este caso la reinstalación del software de la máquina afectada.

Los análisis anteriores serán realizados cada seis meses. El tiempo de análisis del sistema de adquisición de datos de la maqueta se estima en dos horas. En caso de sustitución de elementos los tiempos estimados variarán entre una hora y cuatro horas según el elemento afectado.

### 9.3 Mantenimiento correctivo.

En caso de que el mantenimiento preventivo no permita la completa eliminación de errores en el sistema, estos serán solucionados de forma acorde a los repuestos disponibles y según las estimaciones de tiempo descritas anteriormente.

El mantenimiento correctivo será realizado una vez detectado y comunicado el sistema, procurando disminuir los inconvenientes producidos por los equipos afectados y minimizando por tanto los posibles perjuicios



en la planificación de sesiones formativas que produzca la caída de algún sistema. De esta forma en caso de detección de problemas en Puestos de Formación se procurará su sustitución completa utilizando hardware disponible como repuesto mientras se realizará el mantenimiento de los equipos afectados hasta solucionar su avería. Dicho procedimiento será de aplicación en aquellos equipos del simulador que permitan una forma de trabajo semejante.

00000625

## 10. GARANTÍA.

La duración del servicio de Garantía presupuestado será de DOS (2) AÑOS<sup>9</sup> a contar desde la Recepción de la primera entrega del simulador.

La garantía cubrirá el buen funcionamiento global de materiales, equipos, instalaciones y software incluidos en el alcance del suministro, a excepción de aquellos daños motivados por el mal uso o por causa de fuerza mayor.

Todos los trabajos se entienden realizados en fábrica y posteriormente instalados en las dependencias del S.T.C..

Durante el período de garantía se repararán a costa de Alstom (incluyendo mano de obra, materiales, desplazamientos, estancias, medios auxiliares, etc.), cuantos defectos, averías y fallos de operación o funcionamiento afecten al normal uso de los sistemas, en todos sus aspectos mecánicos, eléctricos, informáticos o de otra índole que resulten cubiertos por la garantía.

Propuesta Técnica Revisión 0

Material Rodante

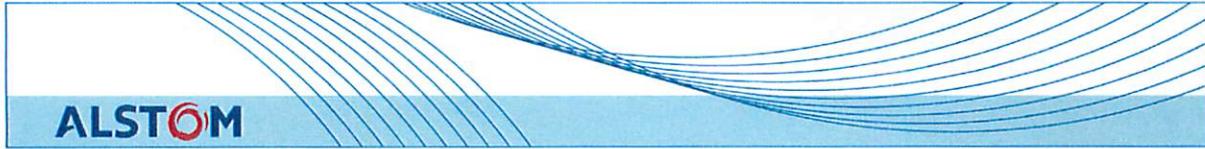
Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC - Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Noviembre, 2009

Pág. 65 de 87

Toda la información contenida en este documento es propiedad de ALSTOM

666



### **10.1 Condiciones de aplicación de la garantía.**

El tiempo de respuesta (tiempo transcurrido desde que se comunica una anomalía hasta que el personal de Alstom se persona en las instalaciones para la reparación de la misma), será como máximo, en cualquier circunstancia, de un (1) día hábil para la atención "on-line", según el calendario de trabajo de Alstom.

00000626

## 11. PRUEBAS, INTEGRACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO.

### 11.1 Pruebas de aceptación.

Cada una de las entregas del Simulador irá precedida de un documento de Pruebas para Aceptación. Este documento será aprobado por el S.T.C. realizando las modificaciones que se acuerden, y será utilizado para comprobar que las funcionalidades recogidas en la versión cumplen con la Especificación Funcional y el alcance fijado.

Todos los materiales y equipos que se suministren bajo esta Oferta, deberán ser sometidos a las pruebas que sean necesarias para demostrar al S.T.C. que los suministros cumplen los requisitos, alcances y funcionalidades solicitadas.

Las pruebas de aceptación cubrirán todas las acciones y procedimientos necesarios para asegurar el funcionamiento efectivo. Alstom someterá a aprobación los protocolos de pruebas a efectuar, al menos con un mes de antelación a la realización de las mismas, reservándose el S.T.C. el derecho a modificarlos o ampliarlos justificadamente y asistir a su cumplimiento y verificación, o delegar en una Entidad Inspectoras.

En el protocolo de recepción del Sistema, se contemplan, entre otras, las siguientes tareas:

- Control del proceso.
- Inventario.
- Comprobación del software.
- Comprobación del hardware.
- Revisión de la documentación.

De manera general, la aceptación de cada versión del simulador se realizará en base a la validación cuyos criterios generales de aceptación serán los siguientes:

- Comportamiento dinámico del modelo de tren.



- Interfaces del simulador (Human Machine Interfaces).
- Modelado del entorno de las líneas: elementos modelados (conforme al alcance de esta Oferta) y "frame rate".
- Modelo de las averías incluidas.

00000628

Una vez realizada la entrega se ejecutará el protocolo de pruebas y ensayos correspondiente a todos los sistemas.

Las pruebas de aceptación se realizarán durante el mes siguiente a la entrega del simulador. El plazo máximo para realizar y aprobar la entrega será de dos meses.

Una vez realizadas las pruebas de aceptación en concordancia con el documento acordado, se firmará por parte del S.T.C. y de Alstom un documento de Recepción del Simulador. Las discrepancias detectadas durante las pruebas se recogerán en un documento y serán subsanadas por Alstom.

El proyecto será considerado como cumplido cuando se consideren recepcionadas todas las entregas recogidas en el plan del proyecto.

### **11.2 Puesta en servicio.**

Una vez realizada la Recepción del Simulador en cada una de sus entregas, se considerará que la versión entregada se encuentra disponible para su puesta en servicio.



## 12. PROGRAMAS DE FORMACIÓN.

00000629

### 12.1 Descripción general.

Se impartirán una serie de Cursos de Formación en la ubicación final del sistema. El objeto de estos cursos será formar a los Instructores del S.T.C., que posteriormente asumirán las labores de formadores de los conductores, en el uso del Sistema de formación, en concreto en el uso del Puesto de Instructor, Puesto de Conducción y de los Puestos de Formación.

Alstom realizará dos tipos de cursos para la formación del personal del S.T.C.:

- Cursos de formación para hasta 5 instructores, en varias sesiones.
  - o Curso básico de utilización. Se dictarán dos cursos de este tipo.
  - o Curso avanzado de utilización. Se dictará un curso de este tipo.
- Curso de formación del personal de mantenimiento, para hasta 4 personas. Se dictará un curso de este tipo.

La duración estimada, en horas hábiles, del conjunto de estos cursos será de un total de una semana (40 horas), de manera continua.

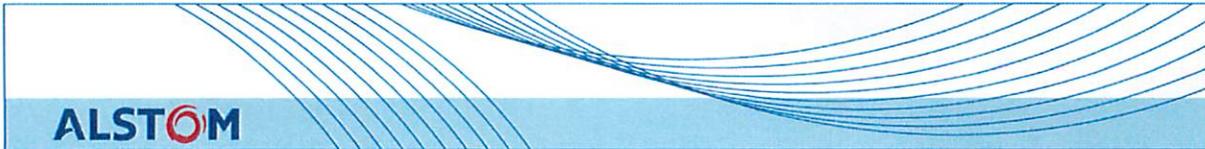
Los cursos serán realizados en las instalaciones y horarios que se acuerden con S.T.C..

Como parte integrante a los cursos, Alstom generará y entregará la documentación correspondiente a los mismos.

### 12.2 Curso básico de utilización

Se describirán las funciones y capacidades básicas del simulador, explicándose el manejo del Puesto de Instructor, Puesto de Conducción y de los Puestos de Formación, para la realización de cursos ya incluidos en los planes de formación.

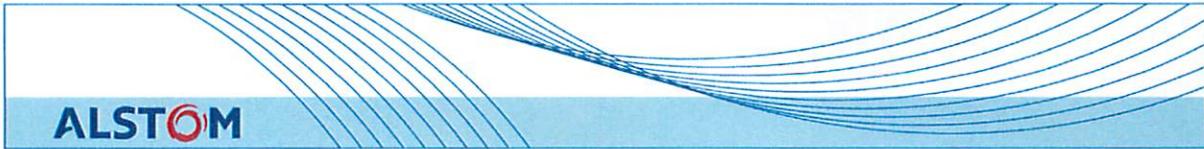
Se estima un tiempo de realización del curso de cinco días con cuatro horas de clase cada día.



### 12.2.1 Programa del curso.

- El aula de formación.
- Finalidad y características del aula de formación.
- Descripción y distribución de los equipos que constituyen el aula. Puesto de Conducción.
- Finalidad y características del Puesto.
- Descripción de los componentes que constituyen el Puesto.
- Encendido, apagado y control del Puesto de Conducción.
- Configuración de ejercicios para la intervención del Puesto.
- Manipulación de elementos hardware.
- Monitorización e intervención conjunta con la Posición de Instructor.
- Realización de ejercicios conjuntos con otros Puestos. Puesto de Instructor.
- Finalidad y características del Puesto.
- Descripción de los componentes que constituyen el Puesto.
- Encendido, apagado y control del simulador.
- Visualización y gestión de la información de base de datos: Cursos y alumnos.
- Selección de ejercicios y asignación para su realización.
- Monitorización de un ejercicio de simulación.
- Gestión de comunicaciones.
- Alteración de las condiciones de realización de un ejercicio de simulación.
- Gestión de la infraestructura ferroviaria.
- Gestión del tráfico.

00000630



- Grabación de ejercicios.

00000631

### **12.3 Curso avanzado de utilización.**

Se impartirá a personal que haya realizado el curso básico de utilización del simulador. Se añadirá la información relativa a los procedimientos de creación de nuevos planes de formación, cursos y ejercicios. Asimismo, se mostrará el manejo del Puesto de Gestión Remota.

Se estima un tiempo de realización del curso de dos días con cuatro horas de clase cada día.

#### **12.3.1 Programa del curso.**

Puesto de Instructor.

- Finalidad y características del Puesto.
- Descripción de los componentes que constituyen el Puesto.
- Encendido, apagado y control del simulador.
- Niveles de acceso y gestión del simulador.
- Definición de ejercicios.
- Creación de planes de formación: ejercicios, lecciones y cursos.
- Copias de seguridad de la base de datos.
- Alteración de la configuración del Puesto.

### **12.4 Curso de mantenimiento.**

Incluirá los procedimientos instalación y mantenimiento del sistema.

Se estima un tiempo de realización del curso de cuatro días con cuatro horas de clase cada día.

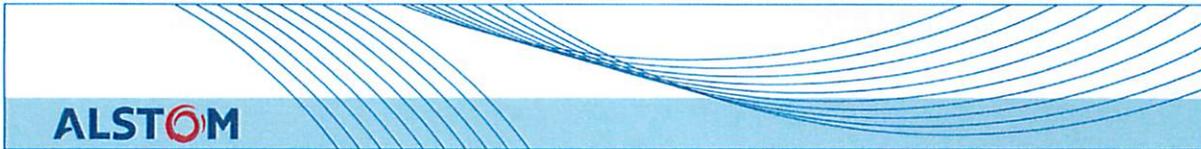
#### **12.4.1 Programa del curso.**

Procedimientos de instalación.

- Configuración básica de los equipos informáticos.

- Administración de red informática.
- Cableado y configuración red del aula de formación.
- Puesto de Instructor.
- Puesto de Conducción.
- Equipos informáticos.
- Sistema de proyección.
- Sistema de sonido.
- Sistema de adquisición de datos. Mantenimiento del sistema.
- Instalación eléctrica.
- Cableado y configuración red del aula de formación.
- Administración de red informática.
- Puesto de Instructor.
- Puesto de Conducción.
- Equipos informáticos.
- Sistema de proyección.
- Sistema de sonido.
- Sistema de adquisición de datos.

00000632



00000633

### 13. DOTACIONES SOFTWARE Y HARDWARE.

#### 13.1 Dotación software.

Los productos software contemplados en el alcance del proyecto incluyen en su entrega la siguiente

cantidad de  
licencias  
versión  
S.T.C.):

Software	Licencias
S.O. Microsoft Windows XP Profesional.	1 por equipo informático.
Drivers de la dotación hardware.	1 por equipo informático.
Software de grabación de DVD.	1 licencia, suministrada con el equipo.
Puesto de Instructor	Ilimitadas, no se requiere
Puesto de Formación	Ilimitadas, no se requiere
Puesto de Conducción	Ilimitadas, no se requiere

repuestos y  
(incluida la  
entregada al

#### 13.2 Dotación hardware.

Con objeto de facilitar el reemplazo de los equipos instalados, todos los equipos informáticos contemplados en la realización del proyecto poseen las mismas características técnicas, por tanto en caso de

necesitarse un reemplazo sólo es necesario la instalación del software adecuado sobre dichos equipos.

Excepcionalmente un computador no poseerá lector de DVD, y será reemplazado por un grabador de DVD.

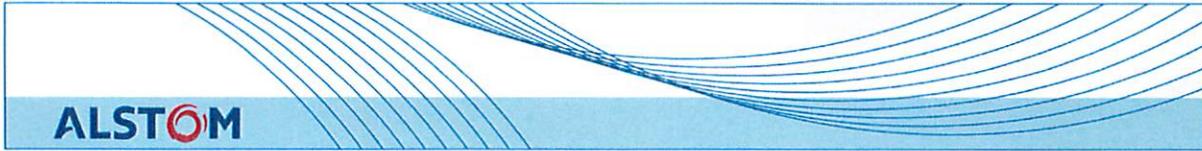
La dotación hardware consistirá en los elementos hardware de computación y presentación del Simulador, en concreto abarca:

00000634

- o 20 Computadores de simulación: modelo HP DC7900 CMT Q9400 500G 4.0G 7 PC 800 nVidia Quadro FX-3450 256 MB.
- o 4 Pantallas de presentación: modelo HP 19" Flat Panel
- o 12<sup>10</sup> Pantallas Touch Screen: modelo ELO 19"
- o 3 Proyectores de representación para el sistema visual de cabina: Hitachi CP-SX635. o 3 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida: MGE Comet 7 kVA o similar.
- o 1 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida: MGE Comet 3 kVA o similar.
- o 1 Impresora láser color.
- o 4 SWITCH de red de 10 bocas, HP Procurve
- o Garantía de DOS años para todo lo anterior, atención en Sitio al siguiente día laborable.

Todos los elementos anteriores han sido elegidos dentro de marcas punteras en los respectivos sectores: HP, Hitachi; Projection Desing, InFocus, MGE UPS Systems.

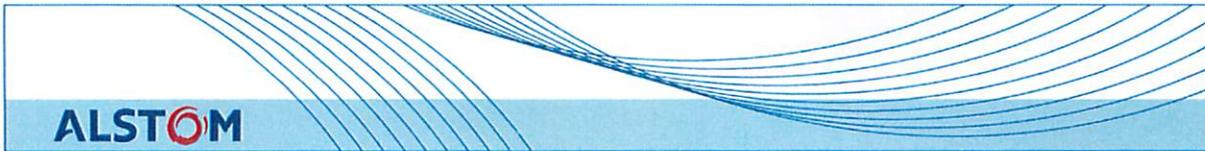
Los modelos concretos de cada uno de los elementos objeto del suministro se incluyen en la presente oferta y deben ser considerados como requisitos mínimos de los mismos.



<sup>10</sup> Pendiente definir número de pantallas Touch Screen por Puesto

En el momento final de la compra, en caso de resultar adjudicatarios Alstom, revisará los modelos ofertados para adaptarlos al mercado de ese instante concreto. La rápida progresión de los elementos hardware garantiza que se conseguirán mejores prestaciones por el presupuesto ofertado actualmente.

00000635



## 14. PLANIFICACIÓN.

La planificación del proyecto para el Simulador de Conducción y Averías de las unidades del S.T.C., se estructura en las siguientes entregas:

- Hito 1: T0 + 5.0 meses: Diseño completado y aprobado: Especificación Funcional y Especificaciones Técnicas.
- Hito 2: T0 + 14.0 meses: Prototipo hardware del simulador con software de la línea y tren reducido
- Hito 3: T0 + 20.0 meses: Simulador de Conducción y Averías terminado y verificado.
- Hito 4: T0 + 22.0 meses: Simulador de Conducción y Averías instalado en Sitio y listo para comenzar la formación

La duración de todas las programaciones presentadas anteriormente incluye todos los trabajos hasta la entrega del Simulador al S.T.C. listo para entrar en servicio:

- o Diseño
- o Desarrollo
- o Pruebas en Fábrica
- o Instalación
- o Pruebas en Emplazamiento
- o Formación de Instructores

A continuación se muestra la planificación detallada.

00000636

	Hitos Incluidos	Descripción
	Material rodante y Línea	datos sobre el material rodante y la línea.
T0 + 18 meses Diez semanas antes de la instalación.	<b>Aula lista.</b>	Aula para la instalación del Simulador disponible y cumpliendo los requisitos de instalación definidos por ALSTOM.
T0 + 20 meses	<b>Pruebas de Fábrica</b>	Se precisará de disponibilidad del personal del S.T.C. para la realización de las pruebas en fábrica del sistema con personal de Alstom.
T0 + 21 meses	<b>Pruebas en S.T.C.</b>	Se precisará de disponibilidad del personal del S.T.C. para la realización de las pruebas finales y aceptación del sistema con personal de Alstom en el Aula.

00000637

### 14.1 Principales Hitos.

En este apartado se destacan los principales hitos del proyecto clasificados en tres grupos: hitos externos e hitos del desarrollo del proyecto.

#### **Hitos Externos al Proyecto.**

Estos hitos suponen puntos de entrada críticos en las tareas de desarrollo y por lo tanto deben mantener su programación para permitir el correcto cumplimiento de la fecha de entrega del simulador.

	Hitos Incluidos	Descripción
T0	Arranque Oficial del Proyecto	Recepción del pedido y firma del contrato.
T0 + 2 semanas	Visitas para la recolección de datos.	Personal de Alstom visitará al S.T.C. para recopilar los datos necesarios para el desarrollo del proyecto. S.T.C. deberá proporcionar acceso a toda la información y visitas que se estimen necesarias.
T0 + 2 semanas	Primer Paquete Datos Material rodante y Línea	Recepción del primer conjunto de datos sobre el material rodante y la línea.
T0 + 4 meses	Segundo Paquete Datos Material rodante y Línea	Recepción del segundo conjunto de datos sobre el material rodante y la línea.
T0 + 10 meses	Tercer Paquete Datos Material rodante y Línea	Recepción del tercer conjunto de datos sobre el material rodante y la línea.
T0 + 18 meses	Cuarto y Definitivo Paquete Datos	Recepción del cuarto y FINAL conjunto de

### **Hitos de desarrollo del proyecto**

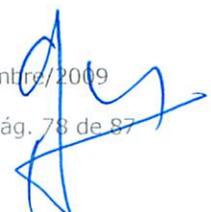
Suponen avances significativos en el desarrollo del proyecto. Estos hitos podrán ser comprobables por el S.T.C., de manera que en todo momento sea conocido el estado de cumplimiento de la programación inicial.

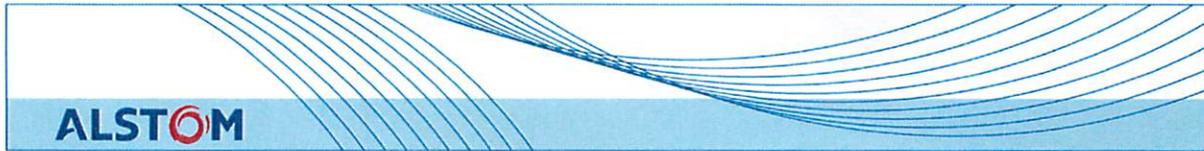
## **15. OPCIONES.**

Adicionalmente a las funcionalidades presentadas en la Oferta Base, en este apartado se presentan una serie de funcionalidades y puestos adicionales en la forma de Opciones

00000638

	Hitos Incluidos	Descripción
T0	Comienzo del Proyecto	Firma del acta de comprobación del replanteo.
T0 + 5 meses	Diseño: Especificación Funcional y Especificaciones Técnicas	Entrega y Aprobación del Diseño.
T0 + 13 meses	Integración de la versión preliminar de la Implementación Comportamiento Material rodante y Línea.	Simulador preliminar y en orden de funcionamiento, en fábrica.
T0 + 14 meses	Pruebas de Integración de la versión preliminar de la Implementación Comportamiento Material rodante y Línea.	Simulador preliminar y revisado, en fábrica. Prototipos para el S.T.C.
T0 + 19 meses	Integración de la Implementación Comportamiento Material rodante y Línea.	Simulador completo y en orden de funcionamiento, en fábrica.
T0 + 20 meses	Pruebas de comportamiento en fábrica de la Implementación de Material rodante y Línea.	Simulador completo y revisado, en fábrica.
T0 + 21 meses	Entrega Simulador.	Simulador completo y revisado en fábrica, instalado en emplazamiento
T0 + 21 meses	Aceptación en Emplazamiento del Simulador.	Pruebas Conjuntas y Aceptación del Simulador completo y revisado, en emplazamiento
T0 + 22 meses	Formación de Formadores	Equipo humano formado, Simulador listo para entrar en operación.





### **15.1 Puestos de Formación Multipropósito.**

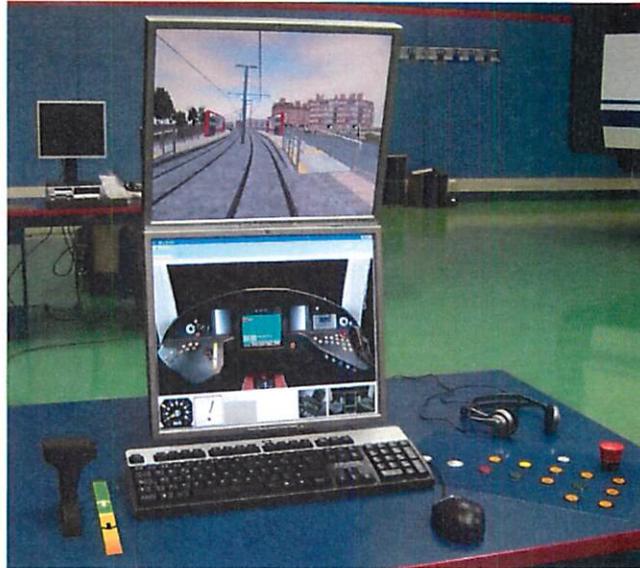
Esta opción plantea la inclusión de un tipo adicional de puestos, los denominados Puestos de Formación Multipropósito (PF): se dispondrá de un conjunto de puestos con interfaces virtuales orientados a la realización de formación:

- o En Conducción, previa a la realizada en los Puestos de Conducción.
- o En Control de Operaciones, con pantallas de usuario análogas a las existentes en el PCC.

De tal forma que estos Puestos podrán ser utilizados de manera indiferente para la formación en conducción o en control de operaciones.

Esta Opción comprende el suministro de Diez (10) Puestos de Formación (PF) Multipropósito.

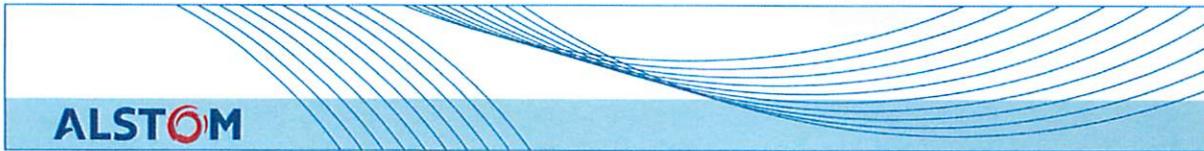
00000639



00000640

Montaje indicativo de un Puesto de Formación con mandos reales integrados de un proyecto anterior. A continuación se presenta una breve descripción de los elementos que formarán cada uno de los Puestos de Formación. Posteriormente en esta Oferta se realiza una descripción pormenorizada.

- Sobre una mesa de formación se instalará dos monitores planos (TFT) en configuración vertical. El monitor será conectado a un computador donde se ejecutarán los modelos de comportamiento del tren, línea y visual.
- - Modelado de los elementos del sistema, incluyendo:
    - o Modelos de Simulación de la Dinámica Ferroviaria.
    - o Modelos de Simulación del Material Móvil: sistemas eléctricos, neumáticos, pupitre de conducción, etc.
    - o Modelo de Simulación del Sistema de Señalización.
    - o Modelización de Averías e Incidencias de circulación.
- Para el caso de su uso en Conducción:
- Un Sistema de Representación del estado de la Unidad, compuesto por interfaces visuales en las que se representarán: el Pupitre Virtual y los Armarios Virtuales.
- Un Sistema Visual de un canal de alta resolución integrado con la herramienta de gestión del simulador.
- Un conjunto de mandos de conducción reales (principales mandos de conducción: regulador, inversor de



marcha y elementos asociados a la apertura y cierre de puertas) integrados en la misma mesa y conectados con los modelos de simulación.

- Para el caso de su uso en Control de Operaciones:
  - Un sistema de emulación de la interfaz del Centro de Control de Operaciones similar a la existente en los puestos reales.
  - Un Sistema de Comunicaciones con el Puesto de Conducción.
  - Un Sistema de Reproducción de Sonidos.
  - Un Sistema de Comunicaciones con el PI.

00000641

### 15.1.1 Descripción de Detalle.

El objeto de los Puestos de Formación, es permitir la realización de un entrenamiento previo a la conducción en un tren real.

Para ello se dispondrá de una zona donde los conductores podrán ejercitarse en la conducción y resolución de averías e incidencias.

Si bien, el número inicial de puestos en esta zona será igual a diez. El sistema estará preparado para soportar un total de veinte puestos completamente operativos.

Los puestos estarán constituidos por dos monitores planos (TFTs) de 19, así como un sistema de auriculares y micrófono incorporado al objeto de realizar las comunicaciones y disponer de un sistema de sonido.

Adicionalmente integrarán un conjunto de mandos de conducción reales (principales mandos de conducción: regulador, inversor de marcha y elementos asociados a la apertura y cierre de puertas) integrados en la misma y conectados con los modelos de simulación.

Montaje indicativo del Puesto de Formación. Desde un punto de vista operacional los Puestos de Formación disponen de las siguientes capacidades y funcionalidades:

- Representación, mediante un sistema visual específico, de la línea por la que se está circulando.
- Representación virtual foto-realista del tren conducido.
- Reproducción de los sonidos de la unidad real.
- Simulación fidedigna del comportamiento de la Unidad Tren a través del modelado matemático de sus

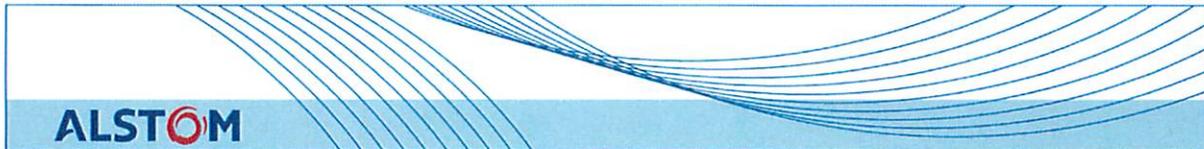
00000642



distintos subsistemas.

- Un sistema de emulación de la interfaz del Centro de Control similar a la existente en los puestos reales, que permita el entrenamiento en las labores de control de tráfico y señalización.
- Posibilidad de introducir de forma dinámica, averías e incidencias. En los Puestos de Formación, se podrá trabajar de las siguientes formas:
- Independiente de la red del sistema.
- Autoestudio. El alumno podrá proceder a realizar los ejercicios que le programen desde el Puesto de





Instructor.

00000643

### 15.1.2 Hardware del sistema visual en PF.

El Sistema estará integrado con la herramienta de gestión de la simulación y se compondrá de una pantalla de TFT de fabricante reconocido y alta calidad, de mínimo 19”.

La pantalla será de buena calidad en el momento de la adquisición, si bien como mínimo, cumplirá las siguientes características:

- Resolución mínima 1280x1024 píxeles a 75 Hz.
- Tiempo máximo de refresco: 25 ms.
- Contraste: 600:1.
- Tamaño punto inferior a 0,29. En la fase de pruebas del simulador, se realizará el ajuste del ángulo de visión a representar en esta pantalla. La imagen se refrescará a una frecuencia que en ningún momento será inferior a 30 Hz, y estará exenta de saltos y discontinuidades, así como del efecto de escalera (“antialiasing”).

En la pantalla montada sobre el Puesto de Instructor, se podrá visualizar las imágenes que se están emitiendo en cualquiera de los Puestos de Formación.

### 15.2 Sistema de Proyección Colectiva.

Esta opción plantea la inclusión de un Sistema de Proyección Colectiva:

Se trata de un conjunto compuesto por una pantalla de proyección y un proyector que podrán ser utilizados por el Instructor para mostrar a los alumnos las imágenes procedentes de su equipo, pudiéndose por tanto ser utilizado para mostrar ejercicios grabados, monitorizaciones de alumnos, presentaciones,...

### 15.2.1 Gestión del Sistema de Proyección Colectiva.

00000644

En la zona donde estén dispuestos los Puestos de Formación, se dispondrá de una pantalla de proyección, de unas dimensiones mínimas de 2 metros de ancho, dotada de un proyector.

Sobre dicha pantalla se podrá proyectar cualquiera de las imágenes disponibles en el Puesto de Instructor. Como mínimo se podrán proyectar:

- Imagen del visual recorrido en cualquiera de los Puestos de Formación.
- Imágenes y sonidos de las cámaras instaladas en el Puesto de Conducción.
- Elementos virtuales correspondientes a la monitorización (pupitre, armarios, etc.) de cada uno de los Puestos de Formación y Puesto de Conducción.
- Representación de la línea y posición de los trenes de cada uno de los Puestos de Formación y Puesto de Conducción.
- Presentaciones en formato PowerPoint,...



### 15.3 Proyección con Sistema Blending

Esta opción plantea la inclusión de un Sistema de Proyección con Blending en los Puestos de

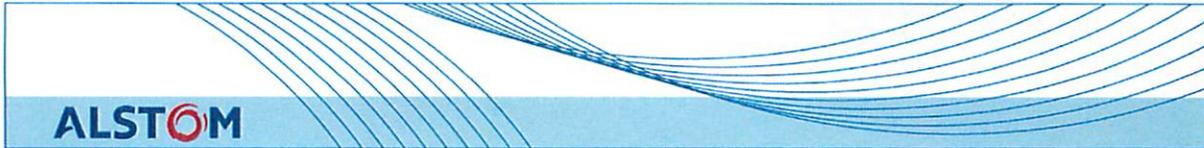
Propuesta Técnica Revisión 0

Material Rodante

Fabricación de 30 Trenes Férreos  
STC – Línea 12 del Metro de la Ciudad de México

Noviembre/2009

Pág. 84 de 87



Conducción, de forma que se amplíe la resolución de la pantalla de proyección de las Cabinas:

- Un sistema de reproducción visual compuesto por una pantalla frontal de proyección y dos proyectores con resolución mínima de 1400x1050.

El Sistema de proyección se compondrá de una pantalla plana de retroproyección frontal sobre la que se proyecta la imagen por dos proyectores de

00000645

alta resolución, alimentados por la salida de dos Generadores Visuales coordinados por un sistema de fusión de imagen (blending) garantiza la ausencia de discontinuidades entre las imágenes de los proyectores.

La resolución frontal será igual o superior a 2500x1050 pixels, formada por composición de dos proyectores de 1050x1400 en disposición horizontal, o igual a 2000x1400 pixels, formada por composición de dos proyectores de 1050x1400 en disposición vertical.

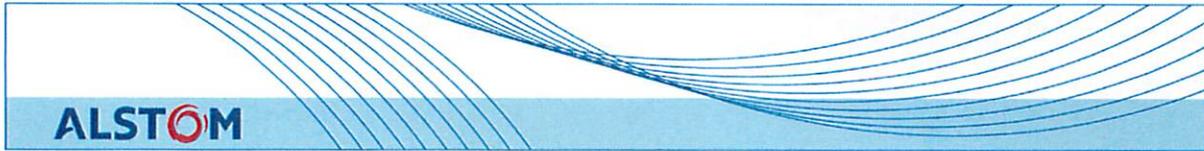
#### **15.4 Proyección con Sistema Tridimensional de Visualización.**

Esta opción plantea la inclusión de un Sistema de Proyección con efecto Tridimensional en los Puestos de Conducción. Este sistema permite mejorar la percepción de la distancia y la velocidad durante las sesiones de formación:

- Un sistema de reproducción visual compuesto por una pantalla frontal de proyección y dos proyectores con resolución mínima de 1400x1050.
- Cada proyector estará dotado de un filtro de luz polarizada.
- Se proporcionarán gafas de luz polarizada a los alumnos.

El Sistema de proyección se compondrá de una pantalla plana de retroproyección frontal sobre la que se proyecta la imagen por dos proyectores de alta resolución, alimentados por la salida de dos Generadores Visuales coordinados por un sistema de alineamiento de imágenes que medirá y ajustará el paralaje de las imágenes.

Cada proyector emitirá luz polarizada en una dirección, de forma que solo un ojo la reciba al estar



dotadas las gafas de cristales polarizados en la misma

00000646

dirección. De esta forma el cerebro humano podrá reconstruir la imagen y convertirla a imagen 3D.

La resolución frontal será igual o superior a 1400x1050 pixels, formada por composición de dos proyectores de 1400x1050 en disposición horizontal.

### **15.5 Ejercicios Conjuntos.**

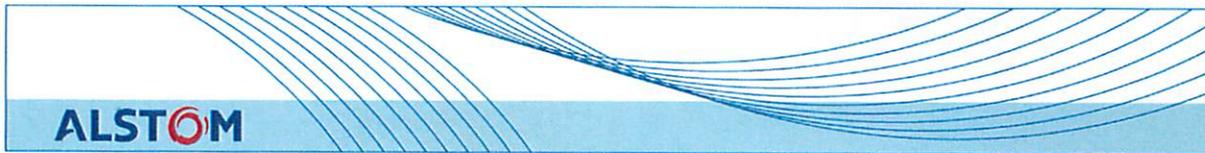
Esta opción permitirá la realización de ejercicios conjuntos en los que participen dos o más alumnos en el mismo escenario e interactúen entre ellos.

Es de especial interés al permitir entrenar situaciones de difícil reproducción en entornos reales y dotar de más realismo a la simulación.

Ejemplos de ejercicios que se pueden realizar con esta funcionalidad son:

- En Conducción:
  - o Acoplamiento entre unidades
  - o Desacoplamiento de unidades
  - o Remolque
  - o Conducción por cabina intermedia
  - o Auxilio entre unidades: batería, ...
- Ejercicios conjuntos entre alumnos de conducción y alumnos de control de tráfico:
  - o Resolución de incidentes con participación del Puesto de Control
  - o Ejercitar comunicaciones
  - o Rebase de señales

o ...



Durante la realización de los ejercicios se tendrán hasta dos alumnos de conducción y un alumno de CCI, interactuando sobre el mismo modelo de simulación de línea, sin restricciones para realizar los escenarios que determine el Instructor, pudiendo por ejemplo acoplarse, luego desacoplarse, conducir cada uno su unidad, realizar comunicaciones, etc. Es decir, con las únicas restricciones propias de la línea y el material rodante que se están simulando.

00000647

### **15.6 Actualizaciones de Software.**

Durante la duración del periodo de Garantía, ALSTOM realizará las actualizaciones de software precisas para mantener el sistema tan similar a la Línea / Tren real como se entregó en el día de la aceptación.

Dentro de este alcance se podrán incluir:

- Modificaciones en las Unidades
- Nuevas averías
- Nuevos sistemas incorporados: nuevos ATP / ATO, sistemas radio ...
- Nuevas estaciones y modificaciones de las existentes.
- Nuevos trayectos o modificaciones en los existentes.