

Independent Checking Engineering. Elemento asegurador de la calidad de los proyectos. Aplicación en el Proyecto de Tren Ligero de Lusail (Qatar)

*Independent Checking Engineering. Quality assurance element in the projects. Application in the Light Railway Transit in Lusail (Qatar)***

Jaime López Calderón^a, Victor Pérez Azañedo^b, Dorota Rogulska^c, Ahmed Al Saleh^d,
 Mohammad Saleem Akhtar^e y Mark Easterby^f

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. SENER Ingeniería y Construcción. Project Director ICE LRT Lusail. ACHE Memb.
 jaime.lopez@sener.es

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. SENER Ingeniería y Construcción. Project Manager ICE LRT Lusail.
 victorp.azanedo@sener.qa

^cCivil Engineer. SENER Ingeniería y Construcción. Technical Manager ICE LRT Lusail. dorota.rogulska@sener.qa

^dB.Sc. Electric, Electronic and Communications Eng. Qatar Rail Company. LRT Lusail QRC Project Director. ahmed.alsaleh@qr.com.qa

^eB.Sc. Electric, Electronic and Communications Eng. Qatar Rail Company. LRT Lusail QRC Project Manager. smohammad@qr.com.qa

^fHNC Electrical and Electronics Engineering. QDVC (Q.S.C). Consortium QDVC-Alstom (JV) Project Director. mark.easterby@lrt-i.com

RESUMEN

La proliferación del desarrollo de los grandes proyectos de infraestructuras mediante la fórmula de Contrato de Diseño y Construcción, ha llevado a la aparición de entes de control interno y externo en los contratos. El Contrato de Diseño y Construcción traslada todo el riesgo a las empresas contratistas. Así mismo permite a los contratistas el desarrollo del diseño sobre la base del cumplimiento de los clausulados contractuales y las normativas. El Independent Checking Engineer aparece como ente independiente, donde su función es evidenciar que técnicamente el proyecto se desarrolla de forma correcta.

ABSTRACT

The proliferation of the development of big infrastructure projects through the Design and Build Project formula has led to the appearance of internal and external quality control entities in the contracts. The Design and Build Project transfers all the risk to the contractor companies. It also allows contractors to develop the design based on the compliance with the contractual clauses and the standards. The Independent Checking Engineer appears as an independent entity, where its function is to demonstrate that the project is technically developed correctly.

PALABRAS CLAVE: ICE, Independiente, Chequeo, Ferrocarril, Calidad, Diseño, Supervisión, Qatar, Tranvía.

KEYWORDS: ICE, Independent, Checking, Railways, Quality, Design, Supervision, Qatar, Tram.

1. Introducción Histórica

La ingeniería estructural desde su concepción va ligada a la seguridad y la integridad de sus elementos. La criticidad con respecto a las

consecuencias de un fallo estructural ha hecho que la historia diera diferentes tipos de soluciones a la vigilancia preventiva de los

proyectos. Desde métodos más empíricos como los modelos a escala o modelos reducidos o a la simulación en función del estado del arte de modelos teóricos que sirvieran para conocer el comportamiento lo más aproximado posible a la realidad.

Son muchos los ejemplos de colapsos estructurales a lo largo de la historia, pero los registros del estudio técnico de las causas de fallo son prácticamente nulos. Las informaciones históricas han venido en gran medida por la literatura y la prensa, y en muchos casos asociado a desastres naturales.

La evolución del estado del arte y el conocimiento determinista del comportamiento reológico de los materiales, han permitido poder proyectar estructuras cada vez menos masivas y más eficientes. La evolución del cómo garantizar la seguridad estructural ha ido trasvasándose de la comprobación pseudoempírica a la parametrización mediante factores de seguridad obtenidos del comportamiento simulado, en base a los modelos desarrollados.

En los inicios de la década de los 70 tras varios colapsos estructurales de puentes metálicos ocurridos en Yarra (Australia), Mildford Heaven (Gales), Coblenza (Alemania) y en la ribera del Danubio (Austria) [1],[2], se constituye un comité en el Reino Unido cuyo objetivo es la preparación de un reporte con unas nuevas reglas de diseño y ejecución con respecto a los proyectos de los puentes de cajón metálicos. Este comité (Comité Merrison) en 1971 fija unas nuevas reglas con el fin de asegurar el diseño y construcción de nuevos puentes en la red del Ministerio de Transportes del Reino Unido. Entre los cambios más destacables están:

- a) Los Departamentos continuarán con la revisión de los criterios de diseño y los métodos constructivos, pero no los cálculos.
- b) Los requerimientos exigidos por los Departamentos, el diseño y los cálculos deberán ser revisados y certificados por un revisor independiente.

- c) Todas las estructuras, excepto las menores, deberán justificarse en cuanto a la tipología escogida, materiales a utilizar, los métodos de análisis, los métodos constructivos y el diseño deberán seguir los principios marcados por un documento preliminar a desarrollar y que contenga los principios del diseño aprobado (AIP ó Approval in Principal).

En el punto b), ya aparece mencionada la figura del revisor independiente y que posteriormente se conocerá en todo el mundo como ICE (Independent Checker Engineering). Son reglas marcadas como recomendación por un Comité, pero no fija obligación reglamentaria, ni de qué forma queda fijada su responsabilidad ni quién lo nombra. Pese a esa indefinición supone un gran paso la visión de la necesidad de la visión externa por parte de un técnico cualificado de los elementos proyectuales de un puente de esas características.

Posteriormente la Autoridad de Transporte (TA) del Reino Unido a través de sus Manuales de Diseño (Design Manual for Roads and Bridges) [3] fijan por primera vez en el año 1974, en su separata BE 1/74, la introducción del término Independent Checker (Revisor Independiente) para las estructuras de carreteras principales.

En 1975, la Comisión Europea toma la decisión de desarrollar un plan de acción para el desarrollo de un marco normativo común en el campo de la construcción, basado en el artículo 95 del Tratado de la Unión. El objetivo es la homogeneización y desarrollo de un marco normativo de aplicación. Fruto de este objetivo común, se desarrollan los Eurocódigos o Estándares Europeos, en gran medida para la aplicación en los proyectos en Europa y centrado en fase de Diseño. En el Eurocódigo 0 (Bases de Diseño Estructural) [4], establece también la definición de la figura del revisor independiente. Revisor Independiente no sólo para la fase de proyecto, sino también para la fase de Construcción. En el caso de los Eurocódigos

se extiende su aplicación tanto a infraestructuras como a estructuras de edificación.

La Institución de los Ingenieros Civiles (Institution of Civil Engineers) del Reino Unido, a través de la Institución de los Ingenieros de Estructuras (The Institution of Structural Engineers) extienden lo fijado por la Autoridad de Transporte a proyectos de otras disciplinas como en el caso de la edificación. Las Guías de Revisión de Diseño del Diseño Estructural en Edificaciones [5] es el documento ejemplo de la extensión marcada por la TA, alineada con los Eurocódigos y con las políticas marcadas por otros países, como los casos de Francia y España. En el caso de Francia, en 1978 aprueba la Ley “Spinetta” [6] donde se fijan las responsabilidades y seguros en el campo de la Construcción. En el caso español, se fijan similares obligaciones en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) de 1999 [7]. Fruto de estas obligaciones legislativas se definieron y se desarrollaron el marco competencial de los Organismos de Control Técnico [8], [9] que realizarán las inspecciones técnicas obligatorias para la emisión de los seguros obligatorios marcados por la ley.

Si bien el concepto nació dentro del campo de la disciplina de la ingeniería estructural, posteriormente se ha extendido a otras disciplinas de la ingeniería como la Ingeniería Eléctrica, la Geotécnica, la Ingeniería Mecánica, Comunicaciones, Arquitectura, ..., etc. Cualquier disciplina es susceptible de ser revisada.

2. Régimen Normativo y Regulatorio

El régimen normativo más extendido y que regula el ejercicio del ICE básicamente proviene de dos cuerpos normativos: el Eurocódigo 0 [4] y las Bases de Diseño de la Autoridad de Transporte del Reino Unido (DMRB) [3]. Ambos textos coinciden en el hecho de que debe considerarse una discriminación de las estructuras en función de su criticidad y en consecuencia quién y de qué manera se revisan.

En el caso del Eurocódigo, son 3 las clases de chequeo del diseño en función de las Consecuencias de los daños:

Tabla 1. Consecuencia de los daños

Clase	Descripción
CC3	Alta consecuencia por pérdida de vidas humanas o económicamente, social o medioambiental muy grande
CC2	Media consecuencia por pérdida de vidas humanas o económicamente, social o medioambiental considerable
CC1	Baja consecuencia por pérdida de vidas humanas o económicamente, social o medioambiental pequeña o despreciable

Sobre esta base se definen de forma paralela los 3 tipos de revisión:

Tabla 2. Niveles de Revisión Eurocódigo

Clase	Tipo de Supervisión	Mínimo requerimiento para el chequeo
DSL3	Intensa	A realizar por una tercera parte diferente a la entidad que ha diseñado.
DSL2	Normal	A realizar por personas diferentes al equipo de diseño.
DSL1	Normal	Puede realizarlo el equipo que ha diseñado. Auto control.

En el caso de la supervisión de la ejecución, los niveles son:

Tabla 3. Niveles de Inspección de los trabajos de ejecución

Clase	Tipo de Supervisión	Mínimo requerimiento para el chequeo
IL3	Intensa	A realizar por una tercera parte.
IL2	Normal	A realizar de acuerdo a los procedimientos aprobados internos.
IL1	Normal	Autocontrol.

En el BD del DMRB [3], el paralelismo con el Eurocódigo es total, pero añade una categoría más. El DSL1 lo divide en 2 Categorías: 0 y 1. La Categoría 0 tiene estructuras de poca entidad y que no necesitan de la aprobación del AIP. En el caso de la categoría 1,

al ser estructuras de mayor entidad, necesitan de la aprobación previa de una AIP antes de pasar al desarrollo proyectual, como en el caso de la revisión en Categoría 2 y 3. En el caso de la DMRB se centra sólo en la revisión proyectual.

Tabla 4. Niveles de Revisión DMRB (DB 02/12)

Categoría	Tipo de Supervisión	Mínimo requerimiento para el chequeo
3	Intensa	A realizar por una tercera parte. A realizar por técnico no involucrado en el diseño.
2	Normal	A realizar por técnico no involucrado en el diseño.
0/1	Normal	Autocontrol.

Los cuerpos normativos en otros países basan sus especificaciones en el esqueleto desarrollado por estas dos normativas precursoras. En el caso de los países de influencia anglosajona el paralelismo es con la notación británica [10], [11], [12]. En el caso de la Unión Europea, países como Alemania [13] además fija que el control y revisión compete a la administración o una entidad privada por delegación. En el caso de Alemania desaparecerían las categorías, centralizándose en una misma figura cualquier tipo de revisión.

3. Proyecto de Tren Ligero de Lusail. Agentes y Marco Contractual

El Proyecto de Tren Ligero (LRT, Metro Ligero o Tranvía) de Lusail se enmarca dentro de los proyectos desarrollados por el Estado de Qatar para dar servicio dentro de lo que será la futura Copa del Mundo de Fútbol a celebrar en el año 2022. El proyecto de Tren Ligero ha comportado el proyecto y construcción de 4 líneas, 17.8 km de vía doble en superficie, 8.2 km de vía simple, 6.6 km de vía doble en túnel, 17 estaciones en superficie, 9 estaciones subterráneas, 2 viaductos. 2 estaciones son intercambiadoras con la red de Metro Doha.

En una primera fase, el arranque del proyecto fue promovido por la Sociedad Lusail

Real Estate Development District (fases 2A y 2B hasta 2011), pasando después a ser gestionada y desarrollada por la Sociedad Qatar Railways Company (fases 2C1A, 2C2 y 2C3 a partir de 2012). Las obras se adjudicaron a la Sociedad Franco-Qatari QDVC en las fases iniciales y posteriormente a la Joint Venture QDVC-Alstom. La fórmula de contratación ha sido mediante adjudicación del diseño y construcción (Design & Build) regulado por las Condiciones Generales del Libro Amarillo de FIDIC [14].

Debido a la fórmula de adjudicación y el requerimiento particular de tener un ICE dentro de la estructura del contrato, el Consorcio adjudicatario, con aprobación de la Propiedad, adjudica a SENER los servicios de ICE para el proyecto y supervisión de obra en categoría 3 (DSL3, IL3).

El nivel de revisión viene definido por los criterios presentados anteriormente, pero además hay que añadir el criterio que marca FIDIC para realizar las revisiones en su Guía de Revisiones [15]. En esta Guía deja claro que la función del revisor externo no es la de sustituir al Proyectista ni optimizar los diseños. El ICE no es un ente fiscalizador. Su revisión no debe estar influenciado de forma directa o indirecta por criterios económico. Es una función de revisión preventiva con el fin de garantizar el cumplimiento normativo y de seguridad. También se marca un criterio deontológico del ejercicio de sus funciones y de cómo actuar, sin menospreciar o poner en evidencia el trabajo de los diferentes agentes.

4. ICE. Revisión Técnica del Proyecto

4.1. Fases del Proyecto

En la fase inicial del proyecto del tren ligero de Lusail, el trabajo de ICE consistía exclusivamente en la revisión del proyecto estructural (fases 2B y 2C1A), ya que el proyecto sólo desarrollaba la fase de obra civil y estructuras. Posteriormente (fases 2C2 y 2C3) el

ICE pasa a realizar su tarea revisora en todas las disciplinas: ingeniería estructural, arquitectura, instalaciones mecánicas, instalaciones eléctricas, comunicaciones y sistemas.

Como parte del proceso de revisión, independiente del diseño requerido en el contrato, el ICE está involucrado activamente en las siguientes fases del proyecto:

1. Diseño conceptual, por medio del cual se establecen los criterios básicos de diseño, de acuerdo con las especificaciones técnicas y los requerimientos contractuales. En esta fase se realiza un dimensionamiento inicial de los elementos principales de la obra.
2. Ingeniería básica, donde se involucra un análisis multidisciplinar (estructuras, instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas, sistemas de ventilación, aire acondicionado, etc.), con el fin de desarrollar los planos de servicios combinados, que permitan llevar a cabo el proceso de coordinación y funcionalidad del diseño.
3. Diseño detallado, mediante la revisión de la ingeniería de detalle de las diferentes disciplinas y planos de obra que permita proceder con el proyecto constructivo.
4. Documentos de cambios en el diseño, originados durante la fase de construcción para ajustarse a las condiciones cambiantes de la obra. La revisión de estos documentos tiene como objetivo principal el garantizar que los cambios no afecten la funcionalidad del proyecto, dando siempre cumplimiento a los requerimientos contractuales y las especificaciones técnicas.
5. Documentos As-Built para verificar que la construcción del proyecto fue realizada de acuerdo con los elementos del diseño detallado y los cambios del diseño durante la construcción, en donde estos estén correctamente reflejados en los planos As-Built de la obra.

En el proyecto del metro ligero de Lusail existen también documentos elaborados en fases iniciales previas al proyecto de detalle llamados

planos de guía (Guide Drawings), los cuales son el resultado del proceso de coordinación de diseño e identificación de interfaces entre disciplinas. Estos planos indican información necesaria para los trabajos de diseño detallado, aberturas, cargas, apoyos de los equipos, etc. Los dibujos de la guía están respaldados por un informe de hipótesis de diseño que identifica los aportes de cada disciplina y enumerará los riesgos derivados del diseño que deberán mitigarse durante las fases posteriores de diseño de detalle, construcción e instalación de equipos.

4.2. Proceso de la revisión de la documentación técnica

El trabajo del ICE comienza prácticamente en paralelo con el del diseñador, cuando se recibe el pliego de requerimientos técnicos contractuales con todos los datos de entrada y condiciones contractuales establecidas por el Cliente.

En términos generales, el diseñador realiza los cálculos y prepara un reporte describiendo los datos de entrada, la metodología y presenta los resultados de cálculo. Por su parte, el ICE de manera independiente prepara en paralelo al diseñador los modelos de cálculo, así como las comprobaciones numéricas simplificadas.

En algunos casos, cuando estamos hablando de un diseño del túnel construido en el sistema ‘cut-and-cover’, un modelo estructural 2D es suficiente para poder comparar los resultados del diseñador. Sin embargo, cuando el trabajo consiste en la verificación de proyecto estructural de una estación subterránea de varios niveles, el proceso de verificación puede no ser tan sencillo y requiere el trabajar con análisis numéricos en 3D.

Como ejemplo, la estación de Legtaifiya que sirve como intercambiador entre dos sistemas de transporte público: metro y metro ligero (LRT), demuestra que la tarea del revisor puede ser más compleja y demandante a nivel técnico. El trabajo de verificación de manera independiente consiste en validar las condiciones de contorno utilizadas por el

proyectista, así como comprobar que todos los resultados de cálculo elaborados por el diseñador sean correctos, pero sin tener el acceso a sus modelos numéricos.

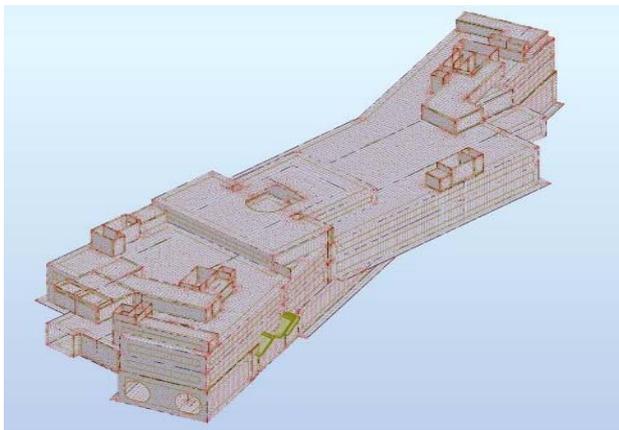


Figura. 1 Modelo estructural de elementos finitos de una estación intercambiador multinivel

El siguiente paso consiste en la revisión de los planos generales y de detalle. En el proyecto de LRT, el cliente, junto con el contratista, decidió que la revisión de los planos de detalle o planos de taller (shop drawings) se haría sólo para los elementos más críticos. En caso de que el ICE llegue a la conclusión que el proyecto puede tener errores o que no está de acuerdo con las soluciones propuestas por el proyectista, el revisor prepara un informe con los comentarios o los incluye directamente en el documento y los envía al diseñador a través del contratista. Posteriormente, el proyectista debe modificar su diseño basándose en los comentarios del revisor y envía el documento para la segunda revisión del ICE.

En caso de que el proyectista no acepte los comentarios del ICE o cuando la segunda revisión del documento no resuelve el problema detectado, el contratista puede organizar un taller entre el proyectista y el ICE para confrontar los resultados de ambos. En el taller, tanto el proyectista como el ICE pueden presentar sus cálculos y evidencias para soportar sus puntos de vista. Finalmente, después de acordar las soluciones, el proyectista prepara la versión final del documento con las modificaciones acordadas. Asimismo, el ICE comprueba el documento final, evidenciando del

cumplimiento de las especificaciones técnicas y requerimientos contractuales.

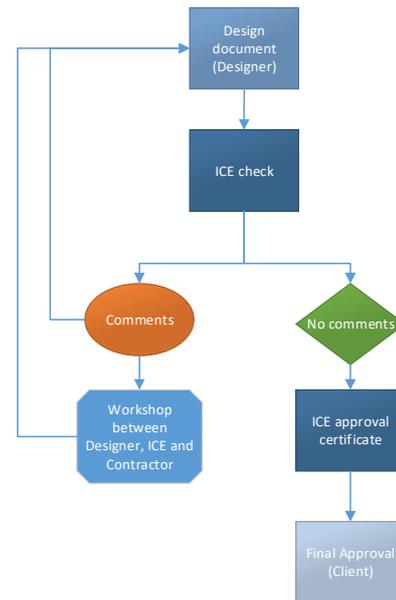


Figura 2. Diagrama simplificado de ciclo de revisión

Durante el proyecto del tren ligero de Lusail, el rol principal del ICE consiste en la comprobación del cumplimiento de las normativas internacionales y los estándares locales, junto con las reglas de buena práctica de ingeniería, asegurando los siguientes aspectos del proyecto:

- funcionalidad
- seguridad
- durabilidad
- constructibilidad
- accesibilidad
- operación
- mantenimiento

En teoría el trabajo del ICE debería terminar una vez se cumple con los aspectos anteriores; Sin embargo, en proyectos donde el diseño en muchas ocasiones sufre las modificaciones provocadas por cambios, por la afcción de otras disciplinas, por las condiciones o desviaciones de obra, por errores, por problemas de coordinación entre disciplinas, es necesario realizar ajustes durante la vida del proyecto y la construcción. Mientras el proyectista deba realizar modificaciones, el ICE debe permanecer activo.

Las modificaciones se pueden hacer, ya sea directamente a través de la modificación del documento de diseño mediante un documento de requerimiento de cambio llamado DCR (Design Change Request) o con modificaciones durante la ejecución en un formato llamado FCR (Field Change Request). Todos estos cambios deben estar debidamente documentados y validados por el ICE.

Aparte de la revisión de los documentos de diseño, uno de los roles complementarios de este contrato del ICE es también supervisión del proceso de gestión de los requerimientos contractuales, donde debería revisar de manera independiente que las evidencias del cumplimiento de requerimientos mostrado por el contratista, con respecto a los requerimientos contractuales requeridos, son correctos.

Finalmente, otra parte del rol del ICE es el de revisar y aprobar las soluciones técnicas para la corrección de las no conformidades del proyecto (NCR). El ciclo de la revisión de un documento acaba cuando el cliente lo revise y/o lo apruebe. La propiedad recibe para su información o aprobación todos los documentos del proyecto.

4.3. Duración del proceso de revisión

Todo el proceso de revisión parece bastante sencillo y rápido, pero en realidad puede llegar a ser muy largo y complicado. La falta de buena comunicación o diferencias de criterios entre las partes, muchos cambios durante el diseño y construcción y la dificultad de coordinación entre disciplinas pueden provocar que muchos documentos de diseño tengan que ser revisados múltiples veces, con la afectación que puede tener en el proceso y los retrasos que pueden generarse.

4.4. Importancia de la figura de ICE

El equipo de ICE dispone de los especialistas en cada una de las disciplinas con una gran experiencia en los proyectos de infraestructura y

con un amplio conocimiento normativo. Un proyecto como el de LRT conlleva grandes retos de ingeniería y, teniendo en cuenta su nivel de complejidad, un error puede tener graves consecuencias, tanto de seguridad como de funcionalidad.

Cualquier error tiene su importancia. Es crítico para el ICE la detección de los errores que afecten a la seguridad, a la funcionalidad, fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y la durabilidad. Son los pilares fundamentales de la función del ICE en un proyecto.

5. Supervisión de Obra. Site Supervision Engineer (SSE)

La función principal de la Supervisión de Obra o Site Supervision Engineer (SSE por sus siglas en inglés), entendido como parte del ICE (Independent Checking Engineer) en proyectos como el LRT de Lusail, consiste en asegurar y certificar la ejecución de los trabajos en obra con respecto al proyecto aprobado, la normativa vigente y los requerimientos específicos del propio proyecto. El nivel requerido en el proyecto de Lusail corresponde a un IL3 de acuerdo a la nomenclatura de los Eurocódigos [4].

5.1 Independencia de la Supervisión de obra en proyectos de construcción

Al igual que hace el ICE en la revisión del diseño, el SSE, durante la supervisión de la obra, se debe exclusivamente al proyecto, siendo su independencia con respecto a la propiedad, contratista principal, constructor o proyectista, uno de sus principales atributos. Su función ha de ser siempre puramente técnica.

Al encontrarse inmerso dentro de la estructura general del proyecto, el SSE está sujeto a ciertos procesos y documentos comunes de aplicación general utilizados durante la ejecución de la obra por todos los intervinientes.

Sin embargo, a pesar de ser una entidad más de las muchas que forman parte del conjunto de agentes involucrados en el proyecto, el SSE tiene un carácter especial y distintivo del resto, y debe trabajar adicionalmente también con sus propios documentos, registros y procedimientos, para poder asegurar una completa independencia con respecto al resto de intervinientes. Este requerimiento de independencia, supone para el SSE la necesidad de disponer de la experiencia y capacidad técnica suficiente para desarrollar documentos propios de control y supervisión, así como una gran capacidad de autogestión a la hora de crear sus propios procesos y funcionamiento interno.



Figura 3. Edificio de Control y Operación del LRT de Lusail.

5.2 Documentación en la fase previa a la ejecución

Si bien casi toda la documentación generada antes de la ejecución de los trabajos suele estar elaborada por el Proyecto, sí que es importante que el SSE revise, apruebe o al menos este informado de su existencia y alcance, puesto que estos documentos constituyen una parte imprescindible en la posterior supervisión durante la ejecución de la obra.

Entre los documentos más comunes que podemos encontrar en esta fase previa, cabe destacar por su importancia los Procedimientos de Ejecución (Work Method Statement, WMS) y los Programas de Puntos de Inspección (Inspection & Test Plan, ITP).

Los WMS describen los métodos y procedimientos que se van a emplear para una

segura y correcta ejecución de cada unidad de obra, mientras que los ITP reflejan los puntos de inspección que se deben llevar a cabo en base al procedimiento marcado en el WMS asociado. En estos ITP queda definido qué se ha de revisar, quién es el responsable de la revisión, cuál ha de ser el nivel de control que se llevará a cabo, o cuáles son las normativas o documentos de referencia empleados.

5.3 Documentación durante la fase de ejecución

De la misma forma, durante la propia fase de construcción, se generan también una serie de documentos cuya función principal es reflejar y registrar los resultados de cada inspección. Posteriormente, la compilación final de estos documentos, servirá al SSE para poder emitir un Certificado Final de Obra, que refrende de forma independiente la correcta ejecución de los trabajos.

Las Solicitudes de Inspección, o ITR por sus siglas en inglés (Inspection and Test Request), son los documentos básicos que proporcionan toda la información sobre cada



Figura 4. Excavación de una de las estaciones antes del comienzo de ejecución de la estructura, LRT-Lusail

inspección realizada. Los ITR muestran las referencias a los documentos con los que se ejecuta, los WMS mencionados anteriormente, así como los puntos de inspección con sus tolerancias y frecuencias aprobadas previamente en los ITP. Es el Contratista el que genera este

documento y el que, después de llevar a cabo varios ciclos internos de supervisión mediante la inspección y firma de su departamento de producción y de calidad, finalmente solicita la inspección externa e independiente del SSE para cerrar la unidad de obra.

La firma de los ITR indica que el elemento ejecutado cumple con lo establecido en el diseño aprobado y los procedimientos establecidos.

Cualquier desviación en obra con respecto al diseño, ha de ser controlado y supervisado por el SSE. Para ello se utilizan en obra documentos de cambio que han de reflejar la aprobación del diseñador e ICE para poder proceder en obra.

Algo similar ocurre en el caso de no conformidades (NCR) o ejecuciones con defectos de producto o proceso, en las que sea necesario llevar a cabo medidas correctoras. Cualquier NCR tiene que estar revisada y aprobada por proyectista y el ICE, para que pueda ser validada en obra finalmente por el SSE.

Una vez terminada la obra y realizados todos los trabajos, el contratista emite un informe final con toda la documentación sobre las inspecciones realizadas (ITR, WMS, ITP, ...) para la revisión del SSE.

Este informe final o QRP (acrónimo del inglés Quality Record Package), es la evidencia con la que el SSE se asegura de la validación y completitud de todos los trabajos, y es la base de justificación para la firma del Certificado Final.

5.4 Supervisión de obra en el contexto del LRT de Lusail

El papel del SSE adquiere una importancia esencial principalmente cuando se trata de la supervisión de estructuras, ya que en estos casos la correcta ejecución está innegablemente ligada a la estabilidad y seguridad global de toda la infraestructura. El LRT de Lusail, como cualquier gran proyecto, es un claro ejemplo de la importancia que tiene llevar a cabo un alto nivel de supervisión en obra.

El proyecto incluye, entre otras estructuras, la ejecución de un viaducto postesado, ocho grandes estaciones subterráneas, siete kilómetros de túnel con sección rectangular de 8 x 11 m. de dimensiones exteriores, 13 estaciones en superficie con una estructura enterrada, o la construcción de una decena de edificios singulares para la operación y el mantenimiento del sistema ferroviario.



Figura 5. Ejecución de la estructura de la estación enterrada de Legtaifiya

Dadas las solicitudes de diseño y el ambiente agresivo en el que se emplazan estas construcciones en el LRT, las dimensiones de las estructuras de hormigón armado han sido de proporciones muy relevantes, como en el caso de muros de más de 1,8 m de ancho y 12 m de altura, o losas de más de 2 m de espesor.

Estas dimensiones han obligado a llevar a cabo hormigonados de más de 1.000 m³ en algunos casos, por lo que el elevado y continuo nivel de supervisión realizado por el SSE tanto durante el armado y preparación, como durante el proceso de hormigonado y posterior curado, ha sido básico para garantizar la correcta ejecución, y asegurar así la seguridad de la estructura.

Para el correcto desarrollo de estas tareas de supervisión, el SSE precisa una gran capacidad técnica y de gestión. En el caso del LRT han sido necesarios hasta de 60 ingenieros de distintas disciplinas trabajando

coordinadamente durante las 24 horas del día, en turnos de 8 horas, para poder asegurar la adecuada supervisión de los trabajos.

Cualquier consultor encomendado a una Supervisión de Obra deberá siempre proporcionar la experiencia, los recursos, la capacidad técnica y de gestión necesaria para poder certificar la correcta ejecución de los trabajos de una forma independiente.

Agradecimientos

Desde este artículo queremos agradecer a todo el personal de SENER que ha desarrollado su trabajo en el ICE del LRT de Lusail. En especial el reconocimiento por su trabajo y apoyo a los autores del artículo a Javier Calvo Fernández. También agradecer a los miembros de Qatar Rail su apoyo y en especial a su Director de Construcción, Fernando Barboza. A todos los equipos Directivos, Técnicos y de Construcción del Consorcio QDVC –Alstom dirigidos por Roberto Striggi (QDVC) y Regis Lecouls (Alstom).

A todos los trabajadores que han participado en el proyecto y sus familias. Sin todos ellos hubiera sido imposible llevar el Proyecto a buen término.

Referencias

- [1] Inquiry into the Basis of Design and Method of Erection of Steel-Box Girder Bridges, Interim Report of the Merrison Committee of Inquiry, HMSO, London, 1971.
- [2] I. Firth, Adding confidence and reducing risk - the role of independent design checking in major projects, IABSE Symposium, Weimar 2007.
- [3] Highways England, Transport Scotland, Welsh Government, Department for Infrastructure (Northern Ireland), Design Manual for Road and Bridges (DMRB): Volume 1: Highway Structures: Approval Procedures and General Design. Section 1: Approval Procedures. Part 1. BD 2/12. London United Kingdom Mayo 2012.
- [4] European Standard, Eurocode - Basis of structural design. EN 1990:2002+A1. Con Correcciones diciembre 2008 y abril 2010.

European Committee for Standardization, Brussels. Belgium, 2005.

[5] The Institution of Structural Engineers. ICE-Institution of Civil Engineering, Guidance Note 11-Revision A. Guidelines for Checking the Structural Design of Buildings. United Kingdom, July 2018.

[6] Loi n° 78-12 du 4 janvier 1978 relative à la responsabilité et à l'assurance dans le domaine de la construction. «Loi Spinetta». République Française, 1979.

[7] Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Gobierno de España, 1999.

[8] Código Técnico de la Edificación (CTE). Ministerio de la Vivienda. Madrid, 2006.

[9] Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Decret n° 99-443 du 28 mai 1999 relatif au cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de contrôle technique. République Française, 1999.

[10] Engineers and Geoscientist British Columbia, Quality Management Guidelines: Documented Independent Review of Structural Designs. Version 1.4, Vancouver, 2018.

[11] Institute of Engineering Professionals. New Zealand. Practice Note 2. Peer Review. Version 2. April 2018.

[12] Works Branch Technical Circular No. 3/97. Independent Checking of the Design for Public Works Contract. Works Branch Hong Kong Government Secretariat, Hong Kong, 1997.

[13] ICLG, Construction & Engineering Law and Regulations, Germany, 2019.

[14] Conditions of Contract for Plant and Design-Build, General Conditions. "Yellow Book". Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils (FIDIC), Geneva, 2017.

[15] Guidelines to reviewing the work of a professional consulting engineer. Federation Internationale des Ingenieurs-Conseils (FIDIC), Geneva, 2018.