

Factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de alto riesgo

François Daniellou

▶ **To cite this version:**

François Daniellou. Factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de alto riesgo. Les cahiers de la sécurité industrielle, 2015, Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle, 2015-02, pp.1-84. hal-01120992

HAL Id: hal-01120992
https://hal.science/hal-01120992

Submitted on 2 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AIDES
A LA REFLEXION

Los factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de riesgo

François Daniellou

Edición coordinada por Caroline Kamaté

nº 2015-02

TEMÁTICA

Factores humanos y organizativos de la seguridad

Les Cahiers de la sécurité industrielle

FONCSI
Fondation pour une culture de sécurité industrielle

La Fondation pour une culture de sécurité industrielle (Fundación para la Cultura de Seguridad Industrial, FONCSI) es una fundación de investigación declarada de interés público por decreto de 18 de abril de 2005. La FONCSI financia proyectos de investigación sobre actividades de riesgo y desea promover **la apertura y el diálogo entre todos los actores** (administraciones, asociaciones, colectivos, equipos de investigación, empresas, organizaciones sindicales, etc.).

La originalidad de su actividad reside en la **interdisciplinaridad** de sus trabajos, tanto en Francia como en el extranjero, así como en su decidida voluntad de **innovar y anticiparse a las exigencias del futuro.**

La FONCSI se ha impuesto cuatro misiones:

- Sacar a la luz las ideas nuevas y las prácticas innovadoras.
- Desarrollar, apoyar y financiar la investigación.
- Contribuir al progreso de una comunidad investigadora.
- Hacer accesible el conocimiento para el gran público.

FONCSI
Fondation pour une culture de sécurité industrielle

Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle
Fundación de investigación, reconocida de utilidad pública

www.FonCSI.org

6, allée Émile Monso – BP 34038
31029 Toulouse cedex 4
Francia

Teléfono: +33 (0) 534 32 32 00
Fax: +33 (0) 534 32 32 01
E-mail: contact@icsi-eu.org

Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle. Asociación conforme a la Ley 1901
www.icsi-eu.org

Abstract

Title	Los factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de riesgo
Keywords	Human and organizational factors, ergonomics, design project, industrial safety
Author	François Daniellou
Publication date	July 2013, translation February 2015

A Human and Organisational Factors (HOF) approach to project planning and design aims to improve decisions by anticipating the consequences of technical and organisational choices on the human activity that will take place in future operations. To foster efficient and safe work, the HOF approach is based on in-depth analysis of human activity in existing situations combined with simulation of probable activity in future operations, based on planned technical and organisational choices.

The approach requires project owners to express their requirements clearly, good coordination with design and engineering contractors, and participation of various stakeholders, in particular from operations. The integration of a HOF approach should start at Front End Engineering and continue until the final project review.

About the Author

François Daniellou is a Professor of Ergonomics at the École nationale supérieure de cognitique of the Institut polytechnique in Bordeaux, France. He has extensive experience of high-risk industries (nuclear, chemical, etc.). He is a member of the Prevention and Precaution Committee at the French environment ministry.

To cite this document

Daniellou, F. (2013). *Los factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de riesgo.* Number 2015-02 of the Cuadernos de Seguridad Industrial, Foundation for an Industrial Safety Culture, Toulouse, France (ISSN 2100-3874). Freely available at http://www.foncsi.org/

Resumen

Título	Los factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de riesgo
Palabras clave	Factores humanos y organizativos, ergonomía, proyecto de diseño, seguridad industrial
Autor	François Daniellou
Fecha de publicación	Julio de 2013, trad. cast. febrero de 2015

Un enfoque de factores humanos y organizativos (FHO) en la planificación del proyecto y el diseño pretende hacer más fiables las decisiones, anticipándose a las consecuencias de las decisiones técnicas y organizativas sobre el **trabajo humano** que se va a desarrollar en las condiciones de explotación futuras. Para favorecer intervenciones humanas efectivas y seguras, el enfoque FHO se basa en un análisis en profundidad de la actividad humana en las situaciones existentes y sobre una simulación de la actividad probable durante operaciones futuras en función de las opciones técnicas y organizativas que se diseñen.

Este enfoque implica una fuerte implicación de la entidad promotora, una buena coordinación con la dirección de la obra y la participación de diferentes actores, en particular de los explotadores. Las etapas de la estrategia FHO deben planificarse desde el inicio del anteproyecto y se extienden hasta la fase de evaluación posterior al arranque.

Sobre el autor

François Daniellou es profesor de Ergonomía en la École Nationale Supérieure de Cognitique del Institut Polytechnique de Burdeos. Posee una gran experiencia de las industrias de alto riesgo (nuclear, química, etc.). Es miembro del Comité de Prevención y Precaución del Ministerio de Medio Ambiente de Francia.

Para citar este documento

Daniellou, F. (2013). *Los factores humanos y organizativos en los proyectos de concepción de sistemas de riesgo.* Número 2015-02 de los Cuadernos de la Seguridad Industrial, Fundación para la Cultura de la Seguridad Industrial, Toulouse, Francia (ISSN 2100-3874). Disponible gratuitamente en: http://www.foncsi.org/

En la misma colección

Los Cuadernos de la Seguridad Industrial están disponibles para su descarga gratuita en los sitios web del ICSI: http://www.icsi-eu.org y de la FONCSI: http://www.foncsi.org.

- 2013-04, *Factores humanos y organizativos de la seguridad industrial: un estado del arte.* François Daniellou, Marcel Simard, Ivan Boissières, julio de 2013.
- 2013-03, *Literature review of methods for representing uncertainty.* Enrico Zio y Nicola Pedroni, abril de 2013.
- 2013-02, *Mise/Remise à disposition d'équipement: pratiques industriells de consignations électriques, mécaniques, de fluides et voies de circulation.* Grupo de intercambio «Consignación» del ICSI, marzo de 2013.
- 2013-01, *Gestion des connaissances et fiabilité organisationnelle: état de l'art et illustration dans l'aéronautique.* Colin Lalouette, marzo de 2013.
- 2012-10, *Overview of risk-informed decision-making processes.* Enrico Zio y Nicola Pedroni, noviembre de 2012.
- 2012-09, *La concertation sur les risques industriels : 10 questions.* Marie-Gabrielle Suraud, octubre de 2012.
- 2012-08, *L'épreuve de la décision. Le PPRT ou l'art de concilier les enjeux de sécurité et de développement.* Emmanuel Martinais, junio de 2012.
- 2012-07, *Uncertainty characterization in risk analysis for decision-making practice.* Enrico Zio y Nicola Pedroni, mayo de 2012.
- 2012-06, *L'apport des théories du sensemaking à la compréhension des risques et des crises.* Hervé Laroche, Véronique Steyer, mayo de 2012.
- 2012-05, *Decision-making in groups under uncertainty.* Juliane Marold, Ruth Wagner, Markus Schöbel y Dietrich Manzey, abril de 2012.
- 2012-04, *REX et données subjectives: quel système d'information pour la gestion des risques?* Céline Tea, abril de 2012.
- 2012-03, *Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle: des questions pour progresser.* François Daniellou, abril de 2012.
- 2012-02, *La démocratie pratique raisonnable, nouveau dispositif de concertation: guide d'aide à la mise en œuvre.* Odile Piriou y Pierre Lénel, marzo de 2012.
- 2012-01, *La Conférence Riveraine de Feyzin: évaluation d'un dispositif original de concertation sur les risques industriels.* Odile Piriou y Pierre Lénel, marzo de 2012.
- 2011-09, *Control and accountability in highly automated systems.* Eric Marsden y participantes del NeTWork'2011, noviembre de 2011.
- 2011-08, *Résilience et management de la sécurité: pistes pour l'innovation en sécurité industrielle.* Éric Rigaud, noviembre de 2011.
- 2011-07, *Leadership en sécurité: pratiques industrielles.* Grupo de trabajo «Leadership in Safety» del ICSI, octubre de 2011.

- 2011-06, *Approches de l'incertitude et son impact sur la décision.* Equipos del programa «Prácticas de la decisión en situación de incertidumbre» de la FONCSI, octubre de 2011.

- 2011-05, *Industries à risques technologiques: un enjeu de société à négocier ?* Grupo de intercambio «Hacia un contrato social negociado» del ICSI, octubre de 2011.

- 2011-04, *Les PPRT: où en sommes-nous? Point de vue des élus.* Amaris/ICSI, octubre de 2011.

- 2011-03, *L'ouverture au public: vers un changement des pratiques du REX ?* Éric Chauvier, Irène Gaillard y Alain Garrigou, julio de 2011.

- 2011-02, *Coûts et bénéfices de l'usage des nanoparticules d'argent dans les réfrigérateurs.* Rémy Tello, Éric Marsden, Nicolas Treich, julio de 2011.

- 2011-01, *Human and organizational factors of safety: state of the art.* François Daniellou, Marcel Simard, Ivan Boissières, junio de 2011.

- 2010-09, *Externalisation de la maintenance et sécurité: une analyse bibliographique.* Dounia Tazi, diciembre de 2010.

- 2010-08, *La Conférence Riveraine de Feyzin: un modèle pratique de démocratie participative.* Odile Piriou y Pierre Lénel, noviembre de 2010.

- 2010-07, *Les risques et pollutions industriels sur le territoire dunkerquois: des perceptions à la «concertation».* Colectivo Irénée Zwarterook, julio de 2010.

- 2010-06, *Impact d'une catastrophe sur l'avenir d'un site industriel urbain. Les cas de Lyon et Toulouse.* Marion Cauhopé, François Duchêne y Marie-Christine Jaillet, julio de 2010.

- 2010-05, *Analyse comparée des pratiques de REX entre l'industrie chimique et l'industrie nucléaire.* Safiétou Mbaye, septiembre de 2010.

- 2010-04, *La Conférence Riveraine de Feyzin: conception et mise en place.* Odile Piriou y Pierre Lénel, mayo de 2010.

- 2010-03, *Le partage social du risque comme impératif de gestion? Le cas de l'industrie à risque aux portes de Marseille.* Stephan Castel, Pierrick Cézanne-Bert y Mathieu Leborgne, mayo de 2010.

- 2010-02, *Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle: un état de l'art.* François Daniellou, Marcel Simard, Ivan Boissières, marzo de 2010.

- 2009-10, *Les relations professionnelles de la sécurité industrielle: le REX comme outil de médiation?* Patrick Chaskiel, septiembre de 2009.

- 2009-09, *Fréquence des événements initiateurs d'accident.* Grupo de intercambio «Frecuencia de los sucesos iniciadores de accidentes y disponibilidad de barreras de prevención y protección» del ICSI, agosto de 2009.

- 2009-08, *Le retour d'expérience: processus socio-cognitifs dans l'explication des dysfonctionnements.* Safiétou Mbaye, Rémi Kouabenan y Philippe Sarnin, septiembre de 2009.

- 2009-07, *Débats lors du forum IFIS 2008.* René Amalberti, Laurent Magne, Gilles Motet y Caroline Kamaté, julio de 2009.

- 2009-06, *Analyse coût-bénéfices: guide méthodologique.* Valérie Meunier y Éric Marsden, diciembre de 2009.

- 2009-05, *La norme ISO 31000 en 10 questions.* Gilles Motet, abril de 2009.

- 2009-03, *La concertation: changements et questions.* Marie-Gabrielle Suraud, Françoise Lafaye, Mathieu Leborgne, abril de 2009.

- 2009-02, *Études de dangers et ouverture au public.* Grupo de intercambio «Apertura y estudio de peligros» del ICSI, mayo 2009.

- 2009-01, *Évaluation du «juste besoin» en matière de maîtrise du risque incendie.* Grupo de intercambio «Incendios» del ICSI, enero de 2009.
- 2008-05, *Facteurs socio-culturels du REX: sept études de terrain.* Equipos del programa de investigación REX de la FONCSI, noviembre de 2008.
- 2008-04, *À quoi faut-il penser, vis-à-vis de la sécurité, avant la décision éventuelle de sous-traiter?* Grupo de intercambio «Subcontratación» del ICSI, noviembre de 2008.
- 2008-03, *L'Analyse Coût-Bénéfices en 10 questions.* Nicolas Treich, abril de 2006.
- 2008-02, *État des pratiques industrielles de REX.* Olivier Gauthey, noviembre de 2008.
- 2008-01, *Analyse bibliographique des facteurs socio-culturels de réussite du retour d'expérience.* Irène Gaillard, febrero de 2008.

Prólogo

Para controlar los riesgos industriales, las empresas llevan muchos años desarrollando medidas centradas en la mejora continua de la fiabilidad de las instalaciones y la implantación de sistemas de gestión de la seguridad. Manteniendo su compromiso con estos dos pilares fundamentales, actualmente consideran los factores humanos y organizativos como otro de los puntos de apoyo del progreso.

El Instituto para la Cultura de la Seguridad Industrial (ICSI) y la Fundación para la Cultura de la Seguridad Industrial (FONCSI) han hecho de la consideración de los factores humanos y organizativos uno de los ejes principales de su estrategia común para el desarrollo de la cultura de seguridad. Una primera etapa ha consistido en proponer una visión renovada de la seguridad a través de una síntesis de los conocimientos científicos, en particular, tomados de las ciencias humanas y sociales. Esta etapa se ha traducido en la publicación del cuaderno: *Factores humanos y organizativos de la seguridad industrial, un estado del arte* [Daniellou *et al.,* 2010] seguido, en 2012, del cuaderno *Factores humanos y organizativos de la seguridad industrial, cuestiones para el progreso* [Daniellou, 2012].

Este tercer cuaderno completa esta visión centrándose en un campo de acción concreto: los proyectos de diseño/modificación de instalaciones.

Muchos son los ejemplos de proyectos costosos para llevar a cabo, o modificar, cambios de difícil implantación… Llegan a darse situaciones en las que las organizaciones se han encontrado en peligro a causa de su incapacidad para llevar a buen puerto un proyecto de evolución técnica y/o organizativa. Frente a esta problemática, este cuaderno invita a todas las partes implicadas en la realización de proyectos y en la gestión de la seguridad (trabajadores y sus representantes, ejecutivos y directivos de empresas, expertos en seguridad, etc.) a anticipar el impacto de las decisiones técnicas y organizativas sobre las condiciones futuras de trabajo.

Considerando que la fiabilización de la toma de decisiones favorecerá las intervenciones humanas eficaces y seguras, preconiza una fuerte implicación de la entidad promotora, una buena coordinación con la dirección de la obra y la participación de diferentes actores desde el inicio del anteproyecto hasta la evaluación posterior al arranque.

Este cuaderno es el resultado de un proceso ya iniciado que ha movilizado a numerosos actores:

1. La FONCSI, que seleccionó a François Daniellou, cuyas investigaciones constituyen todo un referente, y ha financiado su laboratorio en el marco de la convocatoria «Vulnerabilidades técnicas, humanas, organizativas y búsqueda de seguridad».

2. Los representantes de las entidades que componen el ICSI, procedentes de entornos diversos (responsables industriales, representantes sindicales, especialistas procedentes de institutos de investigación…), que se han reunido en el grupo de trabajo del ICSI sobre los factores humanos y organizativos en los proyectos[1].

3. El autor, que ha redactado un texto basado en sus conocimientos y experiencia.

[1] Grupo de trabajo salido del grupo de intercambio «Factores humanos y organizativos de la seguridad» del ICSI.

Al final, este nuevo cuaderno propone grandes retos, pero también puntos de vigilancia y buenas prácticas; en pocas palabras, referencias concretas que deben integrarse en la gestión del proyecto por todas las personas convencidas de que la mejora de la cultura de seguridad pasa también por una mejor consideración del papel del hombre y de la organización.

Toulouse, a 30 de junio de 2013
Myriam PROMÉ-VISINONI, ICSI

Los trabajos presentados en este informe son producto de un proyecto de investigación financiado por la FONCSI. Caroline Kamaté[2], de común acuerdo con el autor, ha coordinado su puesta en página. Las opiniones aquí vertidas, sin embargo, implican únicamente a sus respectivos autores.

[2] Gracias igualmente a Clotilde Gagey por haber revisado algunas cifras.

Agradecimientos

Este documento ha gozado de aportaciones de:

- Jefes de proyecto del ICSI.
- Stanislas Couix, Nathalie de Beler, Francisco Duarte, Florence Grand, Loïc Grosdemouge, Jérôme Grall, Valérie Lagrange, Samuel Le Gal, Sylvie Martin-Boulineau, Safietou M'Baye, Vanina Mollo, Thierry Morlet, Raoni Rocha, Sonia Sutter y Jesús Villena.
- El grupo de trabajo «Factores humanos y organizativos en la gestión de proyectos» del ICSI:
  - Philippe Agnès, Air France
  - Christine Bécard, Air-Liquide
  - Hervé Halluin, Areva
  - Bernard Heldt, SIAAP
  - Jean-Paul Labarthe, EDF R&D
  - Jérôme Lalouette, SNCF
  - Brigitte Le Guilcher, EDF R&D
  - Alain Le Mouel, SNCF
  - Tirzah Moreno, GDF Suez
  - Marie-Noëlle Obrist, SNCF
  - Myriam Promé, ICSI
  - Jean-Luc Rué, CFDT
  - Frédéric Teitgen, Total

Gracias a todos.

La FONCSI agradece a Mutual de Seguridad - CChS (Chile) su colaboración en la preparación de la versión en castellano de este cuaderno.

Sumario

Prólogo XI

Síntesis 1

Introducción 3

I. La estructuración del proyecto, condición para integrar los FHO 7

1. La constitución del equipo promotor de la obra y los objetivos del proyecto 9

1.1 Constituir un equipo promotor de la obra 9

1.2 La planificación técnica del proyecto 10

1.2.1 Un proyecto típico 11

1.2.2 El proyecto típico no existe 14

1.3 Enriquecer los objetivos del proyecto 15

1.3.1 Los objetivos de mejora de la instalación existente 15

1.3.2 Compatibilidad con otros proyectos 16

1.3.3 Objetivos relativos a los productos 16

1.3.4 Objetivos medioambientales, opinión pública y colectividades territoriales 16

1.3.5 El «*dossier* personas-organizaciones», una etapa obligada 16

1.3.6 Retos de la definición de fases 17

1.3.7 Objetivos en materia de gestión del proyecto 17

1.4 Garantizar la presencia continua del equipo promotor de la obra en el proyecto 17

1.4.1 Sustancia y coherencia del proyecto 18

1.4.2 El perfil del JPPO 18

1.5 La información-consulta de las instancias representativas del personales 19

1.6 Planificar todas las dimensiones del proyecto 20

2. La coordinación entre promoción de obra y dirección de obra 21

2.1 La dinámica voluntad-viabilidad 21

2.2 Las misiones de la dirección de obra 23

2.3 La calidad de la interlocución promoción de obra/dirección de obra 23

2.3.1 Un equipo de proyecto 24

2.3.2 Otros apoyos 24

2.4 En resumen: estructura general del proyecto 24

3. Beneficios esperados y condiciones de éxito de la estrategia FHO 27

3.1 Beneficios esperados por la entidad promotora y, en especial, por la dirección de la instalación 27
3.1.1 Fiabilización del sistema socio-técnico global 27
3.1.2 Mayor control del arranque y del presupuesto 28
3.1.3 Disminución de la incertidumbre sobre la seguridad industrial 28
3.1.4 Mejor circulación de la información 28
3.1.5 Convergencia de movilizaciones 28
3.1.6 Disminución de la penosidad y los accidentes 29

3.2 La organización de la estrategia FHO 29
3.2.1 Competencias requeridas 29
3.2.2 Posicionamiento de los responsables de FHO 30
3.2.3 Encuadre de la estrategia FHO 30
3.2.4 Asignación de recursos 31

3.3 Contractualización FHO de la dirección de obra 31

3.4 Vinculación de los explotadores 32
3.4.1 Presencia de explotadores experimentados en el equipo de proyecto 32
3.4.2 Vinculación de los actuales responsables de explotación 32
3.4.3 Vinculación de los futuros explotadores 32
3.4.4 Condiciones de un enfoque participativo 33

II. La estrategia FHO 35

4. Panorama de métodos 37

4.1 Diferentes dimensiones de una estrategia FHO 37

4.2 Etapas de la contribución de FHO al proyecto 38
4.2.1 Anteproyecto 38
4.2.2 Estudios básicos 38
4.2.3 Estudios detallados 39
4.2.4 Obra 39
4.2.5 Pruebas y ensayos 39
4.2.6 Arranque, evaluación del proyecto y paso a la explotación ordinaria 39

5. Métodos de intervención FHO en un proyecto 41

5.1 Conocimiento del proyecto 41

5.2 Análisis de las situaciones existentes 42
5.2.1 Varios tipos de «situaciones de referencia» 42
5.2.2 Comprensión del trabajo prescrito y análisis de las trazas del funcionamiento a través del REX 42
5.2.3 Comprensión de la actividad real 43

5.3 Inventario de las «situaciones de explotación» 43

5.4 Referencias FHO para el diseño técnico 44
5.4.1 Explicitación de las situaciones de explotación 44
5.4.2 Especificaciones ergonómicas 45
5.4.3 Prever las necesidades posteriores de la estrategia FHO 46

5.5 Simulaciones de la actividad futura ... 46
5.5.1 Diferentes niveles de cuestionamiento ... 47
5.5.2 Simulaciones progresivas e iterativas ... 47
5.5.3 Los dos grandes tipos de simulación ... 48
5.5.4 «Ingredientes» de la realización de simulaciones ... 49
5.5.5 El desarrollo de la simulación ... 51
5.5.6 Resultados de la simulación ... 53
5.5.7 Un ejemplo: puesta a prueba de hipótesis organizativas ... 54
5.5.8 Otros resultados de las simulaciones ... 55
5.5.9 Efectos sobre la formación ... 55
5.5.10 Efectos sobre la redacción de los procedimientos ... 56

6. Formación **57**

6.1 Preparar para las situaciones futuras ... **57**

6.2 Planificar las acciones de formación ... **58**

6.3 Hacer para aprender ... **58**

6.4 Selección y habilitación ... **59**

III. Construcción y arranque 61

7. Preparación y desarrollo de la obra **63**

7.1 Diseño y organización de la construcción ... **63**
7.1.1 Seguridad y condiciones de trabajo en la obra ... 63
7.1.2 Preparación y comunicación de las fases ... 64
7.1.3 Acogida de las empresas de construcción y montaje ... 64
7.1.4 La coordinación de la obra ... 65
7.1.5 Las visitas a la obra ... 65
7.1.6 Pruebas y ensayos ... 65

7.2 Revisiones previas al arranque ... **65**

7.3 Riesgos de la inauguración ... **66**

8. Arranque, evaluación del proyecto y paso a explotación ordinaria **67**

8.1 Presencia durante el arranque ... **67**
8.1.1 Sobrepasar las evaluaciones negativas ... 67
8.1.2 Errores de juventud ... 68

8.2 Finalizar el arranque ... **68**

8.3 Evaluar el proyecto ... **68**

8.4 Proseguir con la dinámica FHO ... **69**

9. Anexo 1: Ejemplo: la arquitectura de la sala de control **71**

10. Anexo 2: Ejemplo: el diseño de las pantallas de control y de las alarmas **75**

11. Lista de abreviaturas **81**

12. Bibliografía **83**

Síntesis

La empresa se plantea invertir en la creación o modificación de una instalación de producción que puede presentar riesgos para los trabajadores, el entorno y la población general. La seguridad industrial será, pues, una preocupación constante en el diseño de esta instalación que va a estar jalonada por estudios de peligrosidad, análisis de riesgos, revisiones de seguridad.

¿Pero qué seguridad? Con demasiada frecuencia el enfoque se limita a inventariar los fenómenos físicos y químicos indeseables que se pueden predecir a través del cálculo y a prevenirlos mediante el diseño de las instalaciones, los automatismos y la redacción de los procedimientos.

Ahora bien, la seguridad se juega en el día a día de la explotación. En el trabajo de mujeres y hombres, operarios y supervisores de producción y mantenimiento, trabajadores en plantilla o de las empresas prestatarias que van a supervisar, conducir, regular o mantener la instalación. Ellos van a tener que gestionar las situaciones previstas y reguladas por los procedimientos, pero también muchas otras que no se han anticipado con tanta precisión. Para ello, tendrán que buscar información, realizar diagnósticos, actuar sobre piezas mecánicas, coordinarse, controlar el resultado de sus acciones…

Si esta actividad no se ha fomentado desde la fase de diseño, sin duda los operarios «se adaptarán»: sin duda, lograrán, mal que bien, que un sistema mal diseñado, sin reflexión sobre la actividad humana, sea productivo, ¿pero a costa de qué, con qué nivel de eficiencia y con qué riesgos? La seguridad industrial puede verse debilitada, la salud y la seguridad laboral pueden peligrar y la productividad puede verse amenazada.

El sistema que se va a diseñar no es un sistema técnico, es un **sistema sociotécnico,** cuyo buen funcionamiento se basará en la coordinación entre la actividad humana individual y colectiva y los procesos técnicos. Lo que está en juego es, de hecho, una **visión global del rendimiento** del sistema futuro que integra, más allá de criterios económicos y técnicos, los demás elementos determinantes que pueden concurrir en el buen funcionamiento a largo plazo de la instalación y a su dominio por parte de las mujeres y los hombres que la gestionan y la viven, en condiciones normales o críticas.

La consideración de los factores humanos y organizativos en un proyecto pretende promover el diseño de un sistema explotable de forma eficaz y segura, tanto desde el punto de vista de la seguridad industrial como del de la salud y la seguridad laboral. Para ello, hay que **anticipar el trabajo humano futuro** que va a estar determinado por las decisiones técnicas y organizativas tomadas en todas las etapas del diseño, de evaluación de las dificultades probables y de ajustar a tiempo las decisiones de diseño.

Esta reflexión por anticipado sobre el trabajo no depende de una simple «revisión ergonómica» al terminar los estudios detallados. Algunas de las decisiones estructuradoras del trabajo humano se toman demasiado pronto en el proyecto y se vuelven irreversibles rápidamente. La reflexión sobre el trabajo futuro debe realizarse durante todo el ciclo de diseño.

Para estructurar esta integración de los factores humanos en el proyecto varias grandes organizaciones, como la International Association of Oil and Gas Producers (OGP)[3], la Federal Aviation Administration (FAA)[4], ASTM International[5], la US Nuclear Regulatory Commission[6], etc. han publicado textos de referencia de buenas prácticas. Algunas grandes empresas cuentan también con sus propios estándares de consideración de los factores humanos en los proyectos[7].

[3] Véase [OGP, 2011].

[4] Véase [FAA, 2003]. Véase también los sitios web Human Factors Integration in Future ATM Systems: http://www.eurocontrol.int/hifa/public/subsite_homepage/homepage.html y US Federal Aviation Administration: Human Factors Division: http://www.hf.faa.gov/Portal/default.aspx

[5] Véase [ASTM, 2007].

[6] Véase [NUREG, 2012].

[7] A modo de ejemplo, la práctica a este respecto de una gran empresa petrolera es objeto de un interesante artículo [Seet y McLeod, 2012].

Este documento pretende poner a disposición de todos los actores implicados en el proyecto una descripción de las condiciones de implantación de una estrategia de «factores humanos y organizativos» (FHO) en el diseño. Se basa a la vez en los resultados de treinta años de investigación internacional sobre la gestión sociotécnica de las inversiones y sobre la experiencia de los miembros del grupo de trabajo «FHO en la gestión de proyectos» del ICSI[8].

Definición

¿Qué es una estrategia de FHO en el diseño?

Se trata de dar fiabilidad a las decisiones de diseño anticipando las consecuencias de las decisiones técnicas y organizativas sobre el **trabajo humano** que se desarrollará en las condiciones de explotación futuras. Para favorecer intervenciones humanas eficientes y seguras, la estrategia FHO se basa en un análisis en profundidad de la actividad humana en las situaciones existentes y en una simulación de la actividad probable durante operaciones futuras en función de las opciones técnicas y organizativas que se diseñan.

La reflexión sobre los factores humanos en el diseño no pone en cuestión la metodología general de puesta en práctica de un proyecto, sino que la completa en cada etapa, se «entreteje» con ella, podríamos decir. En general, no modifica las propiedades principales de un procedimiento, las características intrínsecas de un equipamiento o de una instalación, sino que se plantean preguntas de forma conjunta, se busca, etapa por etapa, de lo general a lo particular, definir «¿cómo se va a trabajar en la instalación?», identificando las situaciones normales pero también las variabilidades plausibles que los operarios tendrán que gestionar. Esta cuidadosa anticipación a menudo permitirá limitar las derivas técnicas, las adaptaciones o transformaciones posteriores que se observan habitualmente y que raras veces se tienen en cuenta dentro de los costes globales del proyecto.

Por el contrario, esta estrategia modifica sensiblemente el posicionamiento y la función de los distintos actores. Por una parte (dado que el sistema se aborda no solo desde la técnica, sino también desde la actividad humana individual y colectiva) este enfoque necesita **garantizar la competencia de la dirección de obra y la preeminencia de sus objetivos sociotécnicos** con respecto a la ingeniería, responsable de las cuestiones técnicas. Por otra parte, esta estrategia se basa en la idea de que nadie posee todas las competencias necesarias por sí solo, por lo que debe organizarse una confrontación de puntos de vista. Esto supone identificar las competencias requeridas, tomarse el tiempo necesario para definir y analizar juntos los puntos que hay que tratar y para construir compromisos razonables. Pero para que este enriquecimiento de la reflexión no afecte a la planificación global del proyecto, el proceso debe dividirse en fases bien definidas, con hitos identificados en los que se efectúen los arbitrajes de múltiples criterios.

El presente documento comprende tres partes:

1. La primera se centra en la **puesta a punto de los actores:** ampliar los puntos de vista, identificar las competencias requeridas, asociar a las partes interesadas, estructurar la relación entre la entidad promotora de la obra y la dirección de la obra —para salirse de la lógica del «pliego de condiciones» y evolucionar hacia una lógica de interacción continua durante todo el proyecto—, garantizar las condiciones de éxito de la estrategia FHO y planificarla.
2. La segunda se centra en la **estrategia de factores humanos y organizativos:** reforzar la calidad del diseño anticipando las situaciones de explotación futuras y el trabajo que requerirán; desarrollar las competencias de las mujeres y hombres que explotarán la instalación; promover la implantación de una organización con capacidad de aprendizaje para la explotación ulterior.
3. La tercera se centra en la **preparación de la obra y del arranque** y en las lecciones que se pueden extraer para proyectos posteriores.

[8] Grupo de trabajo procedente del grupo de intercambio «Factores humanos y organizativos de la seguridad» del ICSI.

Introducción

Este documento se centra en la consideración de los factores humanos y organizativos (FHO) en los proyectos de inversión de las industrias de riesgo. Sigue a otros dos Cuadernos de la Seguridad Industrial:

- *Factores humanos y organizativos de la seguridad industrial: un estado del arte* [Daniellou *et al.*, 2010].
- *Factores humanos y organizativos de la seguridad industrial: cuestiones para el progreso* [Daniellou, 2012].

Este cuaderno se remite a los dos anteriores en numerosos aspectos. Pero a diferencia de los precedentes, utilizamos aquí la expresión *factores humanos y organizativos* (FHO) y no *factores humanos y organizativos de la seguridad industrial* (FHOS) puesto que la reflexión sobre el trabajo futuro en todas las etapas del diseño contribuye fuertemente a la seguridad industrial, pero también tiene otros efectos, como la mejora de las condiciones de trabajo, la disminución de la penosidad laboral, la mejora de las relaciones sociales, la eficiencia y la calidad de la producción, etc.

Este documento pretende facilitar la integración de los factores humanos y organizativos en un proyecto de diseño de una instalación de riesgo situada en Europa o en otro continente[9]. Está concebido principalmente para un proyecto que posea todas las características siguientes:

- Se trata de una inversión de creación y/o modificación de una instalación industrial que comporta dimensiones técnicas y organizativas.
- Implica una única ubicación[10].
- Los riesgos industriales son conocidos y son objeto de una evaluación.
- La inversión puede ir de decenas a cientos de millones de euros.

Algunos de los elementos presentados aquí podrán ser de utilidad para otros proyectos:

- Proyecto de inversión *greenfield*, sobre un terreno virgen, con creación de una instalación nueva; proyecto de inversión *brownfield*, sobre un terreno contaminado por una instalación anterior.
- Proyecto de traslado de una planta de producción.
- Proyecto con instalaciones múltiples.
- Proyecto de modificación organizacional sin una fuerte inversión material.
- Proyecto relativo a modificaciones localizadas de equipamientos.
- Proyecto de inversión hospitalaria.

Corresponderá a los actores del proyecto evaluar y adaptar los elementos de este documento que resulten de utilidad en su caso.

Los actores del proyecto, destinatarios de este documento son:

- Los responsables de la dirección general y de los servicios centrales que definen las líneas directrices del proyecto.
- Los miembros de la dirección de la planta y de la promoción de la obra.
- Los jefes de proyecto.
- Los responsables de la explotación[11] de la futura instalación.
- Los responsables de recursos humanos.
- Los responsables de higiene, seguridad y medio ambiente (HSMA) y de la gestión de las relaciones con la población local y las colectividades territoriales.

[9] Las referencias legislativas son francesas y deberán adaptarse en el caso de un proyecto internacional.
[10] Y que el equipo de proyecto esté en las proximidades de la misma.
[11] El término *explotación* se refiere, en este documento, al conjunto de producción + mantenimiento + gestión de materias y productos.

- Los agentes tutelares (por ejemplo, la Dirección Regional de Medio Ambiente, Ordenación y Vivienda, DREAL, por sus siglas en francés).
- Los miembros de las instancias representativas del personal.

Este documento también podrá ser de utilidad a los estudiosos de los factores humanos. Está concebido para empresas en las que la dimensión FHO de los proyectos de inversión todavía está poco desarrollada. En otras empresas, muchos de los puntos mencionados aquí se corresponden con prácticas que ya son habituales. En ese caso, los actores implicados efectuarán fácilmente la «traducción» de los términos, denominaciones y métodos aquí utilizados a los que ellos acostumbran a emplear.

Los objetivos de la consideración de los FHO en los proyectos

Qué queremos promover

- Un funcionamiento futuro eficiente y seguro.
- Un sistema futuro *resiliente* (capaz de anticipar, prevenir, gestionar positivamente las desviaciones con respecto a las condiciones nominales de funcionamiento).
- Capacidad de adaptación del sistema a las variaciones de las exigencias del entorno a lo largo de todo su ciclo de vida.
- Condiciones de trabajo satisfactorias para los equipos de construcción, producción y mantenimiento.
- El mejor rendimiento posible en materia de salud-seguridad laboral (prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales) durante la obra y la explotación.
- La gestión de las carreras profesionales y las competencias tanto para el arranque de la instalación como para todo su ciclo de vida.
- La aceptación del proyecto por parte de los empleados, la población local, la opinión pública y las colectividades territoriales.
- Calidad en las relaciones sociales con el personal y las instancias que lo representan durante el proyecto, en el momento del arranque y en la subsiguiente explotación.
- Un mejor diálogo con las autoridades tutelares.
- El cumplimiento de la planificación y del presupuesto, en particular mediante un arranque eficaz en la fecha prevista.

Qué queremos evitar: escollos frecuentes

- Un retraso en el arranque por modificaciones de última hora, con una alteración del presupuesto asociada.
- Un sistema al que le cueste alcanzar su funcionamiento nominal.
- Que se multipliquen los accidentes graves o los errores en el transcurso de la obra.
- Dificultades de control de la instalación por parte de los equipos de producción y mantenimiento (funcionamiento no óptimo, riesgo de errores).
- Dificultades o peligros en las operaciones del día a día o en situaciones críticas que generen costes de funcionamiento superiores a los previstos debido al diseño de las instalaciones[12].
- Una organización que no permita detener las instalaciones con total seguridad si es necesario.
- La aparición de «muros demográficos» (tiempo de formación insuficiente para tener habilitados los efectivos el día indicado, jubilaciones masivas y no anticipadas poco después del arranque…).
- Tensiones sociales y huelgas en el transcurso del proyecto y al arrancar la instalación. La falta de información e interacción con los empleados —y sus representantes— crea

[12] El documento *Human factors engineering in projects* de OGP citado más arriba [OGP, 2011] presenta, en su anexo 1, numerosos ejemplos de fallos de diseño clásicos que produjeron dificultades de explotación y, en su anexo 2, ejemplos de varios accidentes industriales, producto de no haber tenido en cuenta los FHO.

una dificultad para imaginar el sistema futuro, lo que puede esperarse de ellos, el seguimiento que van a tener y, finalmente, su capacidad para mantener sus futuros puestos de trabajo. Esta desestabilización psicológica viene a reforzar otras preocupaciones eventuales relativas al empleo, la legislación, etc.

El análisis de numerosos proyectos industriales demuestra que **estas dificultades clásicas se deben, por lo general, a fallos en la gestión del proyecto.** Si bien dichos fallos y las prácticas deseables están muy bien identificados por la investigación internacional[13], estas referencias siguen siendo ampliamente desconocidas en algunas empresas.

La consideración de los FHO no es, por tanto, únicamente cuestión de contenido de las especificaciones, es la propia **estructuración del proyecto** la que va a favorecer o frenar esta orientación. Se trata de favorecer, de forma regular y visible, las interacciones entre el equipo de proyecto y los diferentes actores implicados en el proyecto, ya sea de forma cercana (futuros explotadores) o más lejana (otras unidades que tienen que integrar la nueva instalación).

Defectos frecuentes en la gestión de proyectos

Los proyectos que desembocan en un arranque difícil a menudo poseen varias de las siguientes características:

- La función de *promoción de la obra* no está claramente definida o no reúne todas las competencias necesarias.
- La instancia promotora de la obra define objetivos iniciales puramente técnicos y económicos sin plantearse la actividad de los usuarios finales.
- Confía la gestión del proyecto a la dirección de la obra (ingeniería) y se remite a ella. La función de promoción de la obra se identifica y se representa muy débilmente durante la fase de diseño.
- El proyecto se dirige únicamente a partir de las exigencias técnicas y financieras; las cuestiones relativas a la organización, a la contratación y a la preparación de los futuros operarios se tratan de forma tardía, como resultado de la orientación técnica tomada.
- El trabajo realizado por los operarios en las instalaciones actuales o en las instalaciones piloto, las dificultades e incidentes que en ellas se producen no son suficientemente analizadas ni tenidas en cuenta por los ingenieros.
- Las especificaciones de «factores humanos»no se tienen suficientemente en cuenta en los pliegos de condiciones.
- La coexistencia de la obra y de las unidades en funcionamiento (definición de fases) se estudia en una fase tardía de la definición técnica de las nuevas unidades.
- Los futuros responsables de la explotación se designan tarde y/o se implican poco en el proyecto.
- Las instancias representativas del personal reciben la información tarde y de forma incompleta. El debate social se centra principalmente en los aspectos legales y salariales.
- Los futuros operarios de producción y mantenimiento conocen los procedimientos y las instalaciones en un momento en que el proyecto está prácticamente fijado. La constitución de los equipos y la formación se efectúan en una fase tardía del proyecto.
- Los estudios de peligros y los análisis de riesgos se realizan principalmente desde el punto de vista de la «seguridad reglada»: implantación de barreras como automatismos y procedimientos. La «seguridad gestionada» (la disponibilidad en todo momento de competencias del terreno para hacer frente a una situación imprevista)[14] se considera poco.

[13] El enfoque sociotécnico de la gestión de proyectos ha sido objeto de numerosos avances desde 1985. Entre las publicaciones de la época se pueden citar en especial [Laplace y Regnaud, 1986; Riboud, 1987; Du Roy, 1989; Daniellou, 1987].

[14] Para la discusión sobre «seguridad reglada/seguridad gestionada», véase el cuaderno *Estado del arte*, preámbulo y capítulo 7 [Daniellou *et al.*, 2010].

Para contribuir a una estructuración más favorable de la dirección del proyecto, este documento comprende los siguientes capítulos:

- **Parte 1: La estructuración del proyecto, condición para integrar los FHO**
  - Capítulo 1: La constitución de la promoción de la obra y la definición de los objetivos del proyecto.
  - Capítulo 2: La coordinación entre la entidad promotora de la obra y la dirección de obra en las distintas etapas del proyecto.
  - Capítulo 3: Las condiciones de éxito de la estrategia de FHO.

- **Parte 2: La estrategia FHO**
  - Capítulo 4: Del trabajo actual al trabajo futuro: las etapas FHO en el diseño. Visión de conjunto de la estrategia.
  - Capítulo 5: Métodos para una intervención FHO.
  - Capítulo 6: La formación.

- **Parte 3: La obra y el arranque**
  - Capítulo 7: La preparación de la obra y del arranque.
  - Capítulo 8: El arranque, la evaluación del proyecto y el paso a la explotación ordinaria.

Primera parte

La estructuración del proyecto, condición para integrar los FHO

1

La constitución del equipo promotor de la obra y los objetivos del proyecto

En pocas palabras

La estructuración inicial del proyecto es una condición esencial de la fiabilización de las decisiones de diseño. Este capítulo subraya la importancia de un equipo promotor fuerte, que represente las diferentes lógicas vitales para el éxito del proyecto. Se describe el establecimiento de objetivos amplios, que reflejen la voluntad de la entidad promotora para el funcionamiento futuro e integren las dimensiones humanas y organizativas.

La entidad promotora de la obra (PO) es la instancia a cuenta de la cual se realiza el proyecto. Esta definición conduce, demasiado a menudo, a considerar a la PO únicamente en su papel de *pagador,* e incluso a conferirle una función de *cliente.* Ahora bien, una pareja que encarga la construcción de una casa no es un simple *cliente* del arquitecto. Esta deberá velar para que su casa no refleje únicamente las preferencias estéticas o técnicas del jefe de obra, sino que ofrezca unas condiciones de vida que se correspondan con los deseos de sus propietarios. De hecho, es a la PO a quien le corresponde **definir una voluntad relativa al futuro, traducirla en objetivos** en numerosos ámbitos, **proporcionar los recursos** correspondientes, **garantizar,** a lo largo de todo el proyecto, **los arbitrajes necesarios** entre objetivos y recursos y **evaluar el resultado final.**

En un proyecto industrial, es importante distinguir:

- Una promoción de obra estratégica, es decir, el nivel de decisión —en general, la sede central— que puede, en vista del cumplimiento de objetivos técnicos y económicos, desbloquear la financiación (a menudo, considerable) de la inversión.
- Una promoción de obra operativa, que será la responsable de representar a la empresa para encarnar, a lo largo de todo el proyecto, la voluntad que ha dado lugar a la obra. A continuación, nos interesaremos principalmente por este control operativo de la obra, que debe garantizar la adecuada gestión del proyecto dando cuenta y solicitando la mediación de la promoción estratégica en cuestiones claves.

1.1 Constituir un equipo promotor de la obra

Mediante la constitución de un equipo de promoción operativa, la empresa se prepara para tratar las grandes cuestiones que van a condicionar el éxito o el fracaso del proyecto:

- El rendimiento global del sistema a través de todo su ciclo de vida: las condiciones de su diseño, de la obra, de la explotación, de su evolución y de su desmantelamiento final.
- El cumplimiento de los objetivos, plazos y presupuestos.
- La compatibilidad técnica y cultural de las soluciones adoptadas con la realidad sobre el terreno.

- Las decisiones organizativas.
- La gestión de los recursos humanos, la contratación y la formación.
- La calidad de los productos fabricados y su adecuación a las demandas de los clientes.
- La seguridad industrial y la seguridad laboral.
- El respeto al medio ambiente.
- La aceptabilidad por parte de las instituciones tutelares, la población local y las colectividades territoriales.
- La interfaz con las instancias de representación del personal y las negociaciones sociales.

La **composición del colectivo promotor de la obra** debe reflejar esta diversidad de exigencias, implicando (de forma específica, según el caso):

- A la dirección de la instalación implicada.
- A uno o dos responsables de la explotación (producción y mantenimiento).
- A uno o dos representantes del «control de uso» cuando las instalaciones van a ser explotadas por una empresa distinta de la propietaria[1].
- Al departamento de calidad. En ocasiones, a la instancia independiente que garantice la inspección de la integridad técnica de las instalaciones.
- Al departamento de HSE, tanto en su vertiente de seguridad industrial, en particular del SGS, como en su vertiente de salud y seguridad laboral.
- A los interlocutores con las autoridades tutelares, la población local, las asociaciones y colectividades territoriales.
- Al departamento de «protección contra actos hostiles, intrusiones y terrorismo», denominado de *seguridad de las personas* en los sectores químico o aeroportuario y de *protección de las instalaciones* en el sector nuclear.
- Un departamento técnico capaz de garantizar la interlocución de la PO con el equipo de ingeniería (véase el capítulo 2).
- El departamento de recursos humanos.
- En ocasiones, el departamento de *marketing* o departamento de interlocución con los clientes.
- En ocasiones, el departamento jurídico.
- El coordinador de FHO (véase el capítulo 3), etc.

Esta diversidad permite representar el conjunto de lógicas que deberán tenerse en cuenta en los objetivos del proyecto.

Habida cuenta de esta necesaria pluralidad, es probable (y deseable)[2] que aparezcan contradicciones a lo largo del proyecto entre las diferentes exigencias así representadas. Es importante, por tanto, que la creación de un equipo promotor de la obra dé lugar a la designación de un **mediador** de dicho equipo, que a menudo será el director de la instalación[3].

1.2 La planificación técnica del proyecto

Para facilitar la demarcación de las misiones de la PO en todas las etapas del proyecto, presentamos aquí las etapas clásicas del mismo. La coordinación entre el equipo promotor de la obra y la dirección de obra se definirá en el capítulo 2.

[1] Situación frecuente en los sectores ferroviario y aeroportuario.

[2] La gestión consiste en conjugar lógicas parcialmente contradictorias a través de compromisos alcanzados tras el análisis de las diversas exigencias. La censura de los puntos de vista divergentes antes del arbitraje es una fuente importante de riesgos.

[3] Los nombres de los cargos se utilizan en masculino por razones prácticas, lo que, evidentemente, no implica que dichos cargos no puedan ser ocupados por mujeres.

1.2.1 Un proyecto típico

Un gran proyecto de inversión se prolonga durante varios años. La organización, la división en fases y la denominación de las etapas de diseño varían según la empresa. La figura 1.1 presenta una planificación bastante habitual que nos servirá de referencia. El nombre y contenido de las etapas deberán adaptarse a cada caso particular. Las etapas técnicas se presentan aquí, pero la introducción de la consideración de las dimensiones de factores humanos en la planificación se describirá en el capítulo 3.

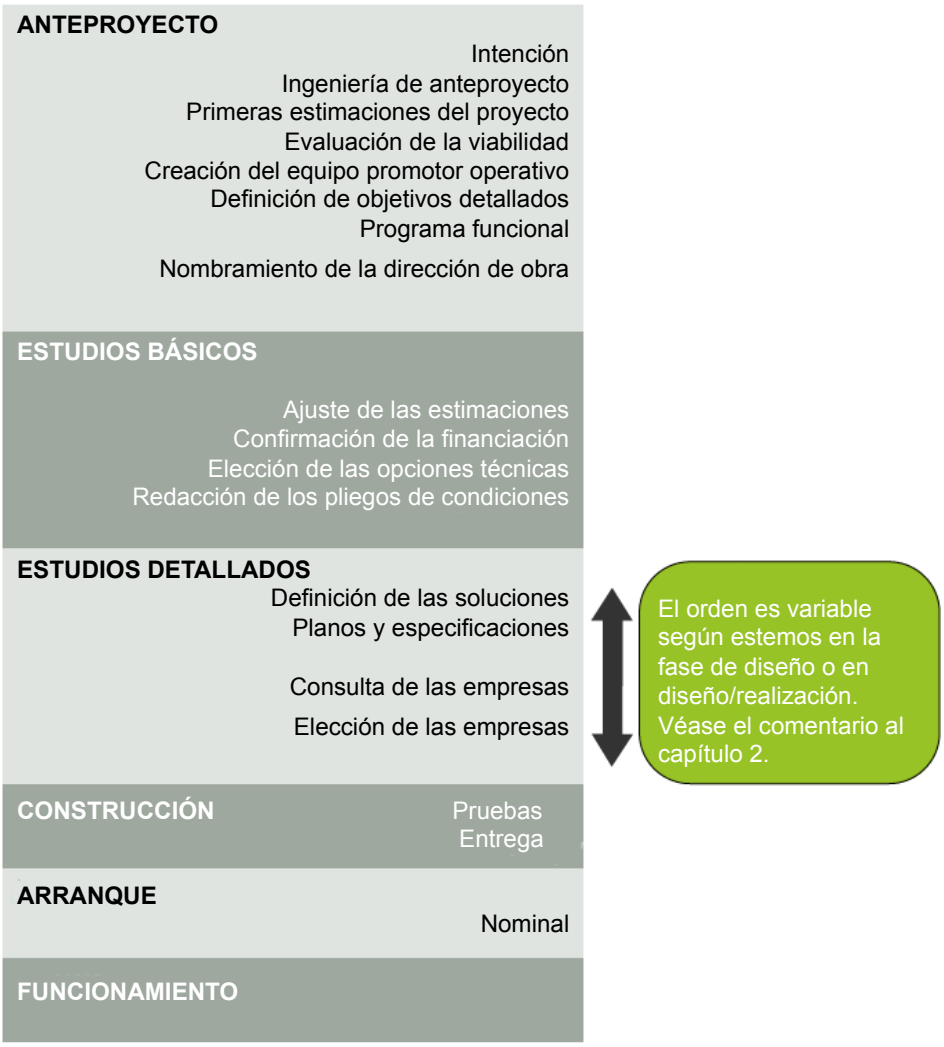


Figura 1.1: *Planificación típica de un proyecto*

El **anteproyecto** se realiza generalmente a petición de la promoción de obra estratégica. Su finalidad es estimar la viabilidad y la rentabilidad de la inversión que se plantea. Las grandes opciones técnicas son objeto de un estudio de ingeniería de anteproyecto[4]. Se hace una primera evaluación de viabilidad e impacto, en particular en lo relativo a:

- Los riesgos industriales.
- El impacto medioambiental y su reparación[5].
- Eventuales efectos sobre el patrimonio (zonas de interés histórico o arqueológico).
- La aceptabilidad de la instalación por parte de la población, los colectivos y las autoridades.

[4] Designado en los textos anglosajones con el acrónimo FEED, *Front-End Engineering and Design.*

[5] Necesidad de compensar los perjuicios causados en el medio ambiente (biodiversidad de la fauna y la flora, etc.) durante todo el ciclo de vida de la instalación, incluido su desmantelamiento.

- En el caso de proyectos internacionales, la compatibilidad con la geografía, el clima, la cultura y las instituciones locales.

Si la evaluación resulta positiva, la entidad promotora de la obra redactará los objetivos del proyecto en forma de «programa funcional»[6]. Es deseable que el equipo promotor operativo ya descrito esté constituido en esta fase para enriquecer al máximo los objetivos iniciales. El programa de ingeniería servirá, bien para lanzar una convocatoria de licitación para ingenieros externos, bien para sentar las bases del trabajo de un equipo de dirección de obra interno (véase el capítulo 2).

La curva de Midler

El anteproyecto cuesta una fracción mínima del montante total de la inversión. Para estimar la rentabilidad del sistema, los expertos que lo llevan a cabo deben plantear hipótesis (por ejemplo, en materia de efectivo). Estas hipótesis se elaboran, en esta fase, con muy poca información pero, en la medida en que condicionan el cálculo económico, será difícil replantearlas posteriormente.

Es el sentido de la famosa «curva en forma de tijera» de Christophe Midler [Midler, 1993]:

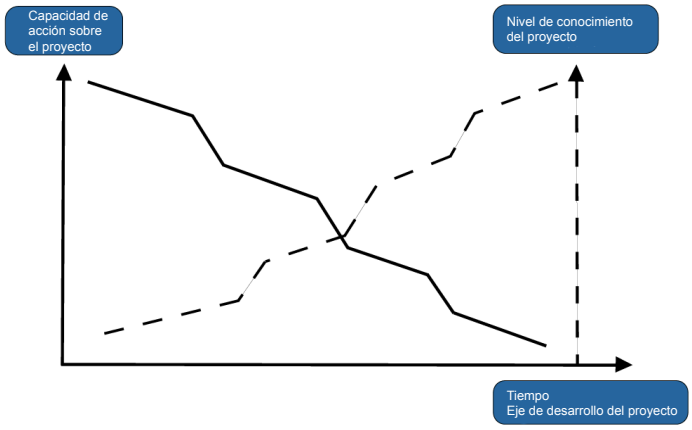


FIGURA 1.2: *La curva en forma de tijera de Midler*

Al inicio del proyecto, el nivel de conocimiento es bajo y los márgenes de maniobra, elevados («se puede hacer mucho pero no se sabe gran cosa»). Al final del proyecto, el nivel de conocimiento es elevado, mientras que los márgenes de maniobra son muy limitados («se sabe todo, pero ya no se puede hacer gran cosa»). Una forma de limitar los efectos de esta contradicción es **aumentar el nivel de información mediante análisis complementarios antes de realizar las estimaciones preliminares.**

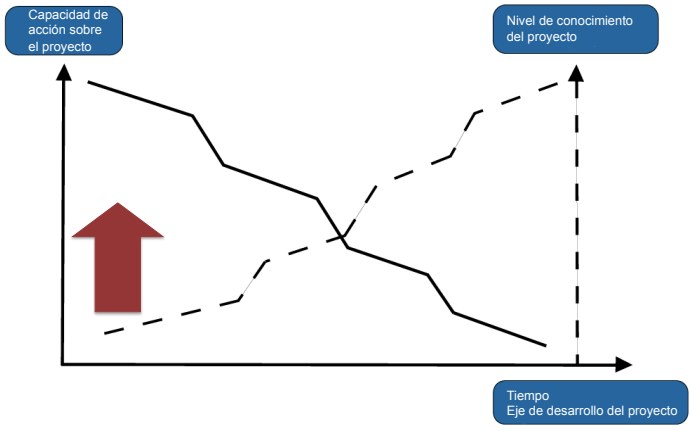


FIGURA 1.3: *Enriquecer las hipótesis iniciales*

[6] Empleamos aquí el término «programa» para referirnos al documento redactado por la entidad promotora y destinado a los ingenieros para distinguirlo de los «pliegos de condiciones» que la PO redactará posteriormente.

La elección de la dirección de obra marca el paso de los estudios preliminares a los estudios básicos.

Los **estudios básicos** los lleva a cabo la dirección de obra (DO, capítulo 2). Sobre la base del programa funcional emitido por la PO, la DO estudiará varias opciones técnicas para proponer unas cifras más ajustadas. Se realizan estudios de impactos y peligros más detallados. Se toman las grandes decisiones técnicas y de implantación y se confirma la financiación del proyecto.

A modo de ejemplo, los estudios básicos pueden costar alrededor de un 3 % del total de la inversión.

Los **estudios detallados** definen todos los elementos del sistema con un grado de precisión que permite su realización. Numerosos especialistas de distintas disciplinas trabajan en paralelo para generar una cantidad enorme de información (planos, especificaciones técnicas, etc.). Se trata de la fase más crítica, en la que el riesgo de pérdida de coherencia entre los distintos componentes del sistema es más elevado si la coordinación del proyecto es frágil.

Los estudios detallados son muy costosos (por ejemplo, aproximadamente un 8 % del total de la inversión) y, cuanto más avanzadas sean, más irreversibles se vuelven las decisiones tomadas. Al final de los estudios detallados se elaboran los pliegos de condiciones de realización, la consulta y la elección de las empresas ejecutoras.

La **construcción** comporta dos vertientes: en primer lugar, la de la obra, de ingeniería civil, que tiene lugar sobre el terreno y, al mismo tiempo, la de los subconjuntos técnicos que se ensamblan en las instalaciones de los proveedores para luego ser montados *in situ.* Existe una gran diferencia entre la vertiente de «ingeniería civil» de la construcción y la de la «ingeniería mecánica». El montaje mecánico cumple, por lo general con gran precisión, los elementos descritos por los planos. Por el contrario, durante una obra de ingeniería civil, las dificultades del terreno pueden llevar a «adaptaciones» a veces de bastante envergadura con respecto a los planos. El nivel de precisión no es el mismo.

Por lo general, esta fase requiere la intervención de un gran número de personas, lo que genera una coactividad considerable. La preparación y la coordinación de la obra deben contribuir a prevenir los riesgos correspondientes (capítulo 7).

Las **pruebas y ensayos** pretenden poner a prueba las diferentes partes de la instalación sin la intención de producir: por ejemplo, el funcionamiento de las bombas y la estanqueidad de los circuitos se pondrán a prueba con agua. Estas pruebas contribuyen sobre todo a la entrega de las instalaciones, a la que está supeditado el pago de los de los proveedores[7].

El **arranque** comienza el día en que se trata de producir por primera vez. Se extiende hasta el momento en que la producción de la instalación es acorde, en cantidad y calidad, a la producción **nominal** prevista en el programa inicial. A continuación la instalación se encuentra en funcionamiento, hasta la próxima modificación importante.

La duración del arranque es uno de los principales indicadores del éxito del proyecto: cuando es necesario un período prolongado de ajustes y puestas a punto para alcanzar la producción nominal, la rentabilidad del proyecto se ve afectada, y tanto más cuanto más corto sea el «plazo de retorno de la inversión» establecido.

[7] La entrega vincula contractualmente la verificación de la conformidad de las obras y materiales, las pruebas y ensayos.

1.2.2 El proyecto típico no existe

Evidentemente, ningún proyecto se desarrolla apaciblemente entre la intención inicial y el funcionamiento estabilizado.

Por una parte, un proyecto real está constituido por distintos subproyectos (por ejemplo, ingeniería civil, ingeniería de procesos) que evolucionan a ritmos distintos y pueden sufrir retrasos distintos: uno puede estar todavía en la fase de estudios básicos mientras que los estudios detallados del otro están avanzados.

Por otra parte, teniendo en cuenta la duración de un proyecto de gran envergadura, los acontecimientos exteriores (precio de materias primas, evolución del mercado o de la legislación, crisis económicas, dificultades técnicas, aparición de sobrecostes…) pueden provocar que la dirección de la empresa modifique los objetivos iniciales sobre la marcha. Así, muchos proyectos sufren «vuelcos» a lo largo de su desarrollo. En este caso, los estudios no pueden realizarse simplemente modificando los parámetros en cuestión; a menudo es necesario volver a las hipótesis iniciales.

El aspecto de un proyecto real suele parecerse a la figura 1.4, que muestra la coexistencia de varios subproyectos, cada uno con sus propios vuelcos.

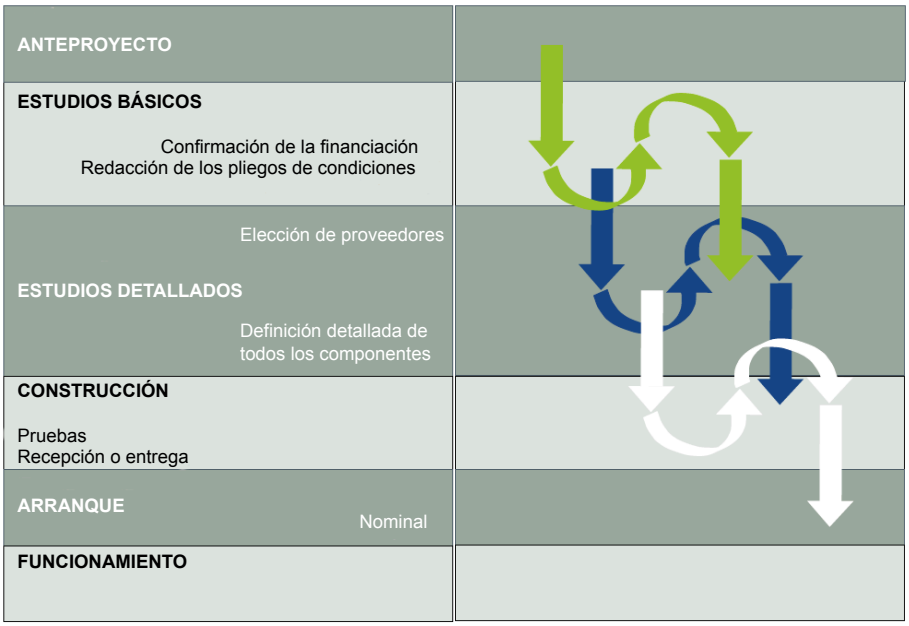


Figura 1.4: *Ejemplo de desarrollo real*

Cuando surgen este tipo de turbulencias, la coordinación del proyecto es esencial para mantener la sustancia y la coherencia del mismo.

Toda la planificación, regularmente actualizada, debe ser compartida por el equipo promotor de la obra, la dirección de obra y los explotadores.

Tras esta presentación de la planificación del proyecto, retomemos el examen de las misiones del equipo promotor de la obra.

1.3 Enriquecer los objetivos del proyecto

El proyecto es una inversión técnica destinada a producir una cantidad determinada de productos o servicios (transporte) con un nivel de calidad fijado y una rentabilidad marcada. Pero no es solamente eso. El proyecto va a introducir una **sociotécnica[8] de la instalación,** que no puede ser un mero subproducto del diseño técnico.

Por otra parte, una inversión importante implica un gran flujo financiero que puede permitir resolver «de paso» algunos problemas recurrentes de la instalación (en lo relativo, por ejemplo, a flujos, factores de riesgo…). Todo proyecto puede, por tanto, servir para «hacer limpieza» de viejas cuestiones no resueltas por falta de medios.

Los objetivos iniciales del proyecto, que van a encuadrar todo su desarrollo, no pueden ser solamente objetivos cuantitativos de producción y rentabilidad. El primer **proceso enriquecedor de los objetivos iniciales del proyecto** es objeto de una labor en profundidad del equipo promotor de la obra, preparado en cada uno de los ámbitos por los responsables correspondientes. Es esencial que cada uno de los departamentos representados en el equipo PO escuche y debata las exigencias planteadas por los demás departamentos. La contribución específica de FHO se presentará en detalle en el capítulo 3, epígrafe 3.2.3.

1.3.1 Los objetivos de mejora de la instalación existente

Un análisis en profundidad[9] sobre el estado de las instalaciones existentes permite identificar las fortalezas actuales, que deben ser salvaguardadas por el proyecto[10] y hacer inventario de las dificultades conocidas susceptibles de ser tratadas con ocasión del proyecto:

- Exigencias HSMA (plan general de circulación, accidentología localizada, zonas ruidosas, riesgos físico-químicos, intervención de servicios de emergencia, molestias generadas por la instalación…).
- Exigencias relativas a la prevención de intrusiones o actos hostiles.
- Exigencias en materia de condiciones de trabajo[11] y vida (restauración, vestuarios…).
- Exigencias de recursos humanos (población disponible, demografía, gestión de carreras y edades, voluntad de feminizar o masculinizar determinadas profesiones…)[12].
- Identificación de colectivos profesionales con dificultades o en crisis.
- Identificación de proveedores o subcontratas con dificultades o en crisis.
- Detección de ineficiencias de la organización en determinadas situaciones críticas.
- Insatisfacción de los clientes sobre cuestiones de embalaje, entrega, etc.
- Tensiones con la población local o las colectividades territoriales, servicios estatales, autoridades tutelares.
- Tensiones sociales, etc.

El equipo promotor de la obra puede decidir que el tratamiento de algunas de estas cuestiones formen parte integrante de los objetivos prioritarios del proyecto.

[8] No son únicamente los dispositivos lo que se va a modificar, sino también las interacciones entre los sistemas técnicos y la sociedad humana que representa una organización, así como las relaciones entre individuos y entre grupos dentro de esta.

[9] En algunas empresas, la calidad del REX técnico permite utilizarlo como punto de partida para este análisis de las instalaciones. En otros casos, el REX no está lo bastante formalizado como para servir de base y el análisis debe realizarse desde el principio.

[10] Hay que precaverse contra la ilusión de que la innovación siempre es mejor que las técnicas y organizaciones implantadas hace tiempo.

[11] Particularmente relacionadas con los datos sobre salud laboral y los trabajos realizados para la evaluación y prevención de la penosidad.

[12] En algunos proyectos en los que se crea una instalación en una zona aislada, es necesario plantearse además las consecuencias en términos de transporte e incluso de urbanismo (saneamiento, escolarización infantil, sistema sanitario).

1.3.2 Compatibilidad con otros proyectos

No es raro que se lancen varios proyectos en paralelo en una misma instalación. Su realización en paralelo a menudo da lugar a interferencias incontroladas. El encuadre inicial del proyecto debe permitir detectar todos los demás proyectos con los que es susceptible de interferir. Si es necesario, deberá crearse un plan general que garantice la coherencia entre proyectos.

1.3.3 Objetivos relativos a los productos

La instalación que se va a construir funcionará durante muchos años. Es frecuente que las instalaciones industriales se diseñen únicamente en función de las demandas de los clientes expresadas al poner en marcha el proyecto. La incapacidad para anticipar evoluciones probables pero conocidas por el *marketing*, a menudo conlleva costosas modificaciones poco después del arranque.

1.3.4 Objetivos medioambientales, opinión pública y colectividades territoriales

Los objetivos medioambientales de un proyecto pueden ser el puro reflejo de la legislación y sus evoluciones previsibles en los años venideros pero, en algunos casos, la empresa también puede querer gestionar el proyecto de una manera que refuerce su aceptación en los ámbitos medioambiental y social y mejore sus relaciones con las asociaciones y colectividades territoriales. La gestión del impacto medioambiental y la integración en el tejido social local son, por tanto, dimensiones prioritarias en ciertas inversiones[13].

Esto supone identificar a las partes interesadas y los recursos externos[14] ineludibles: explicar las decisiones previstas y vincular a estos actores favorece la aceptabilidad de la instalación, una mejor inserción en el mercado laboral local y permite construir compensaciones medioambientales aceptables para todos.

1.3.5 El «*dossier* personas-organizaciones», una etapa obligada

Toda gran inversión supone una reflexión previa sobre la población y las organizaciones objetivo. Algunas empresas exigen la presentación de un «*dossier* personas-organizaciones» dentro del programa funcional. Sea o no el caso, es indispensable esta reflexión para identificar qué datos humanos y organizativos deben tenerse en cuenta, pero también para fijar principios directores para la explotación futura (niveles de automatización, elección de organización).

Las exigencias producto de la instalación existente

- Pirámide de edad, distribución de sexos, profesiones y competencias disponibles y antigüedades[15]. Protección de estas distribuciones a tres y a cinco años.
- Análisis de las restricciones médicas de aptitud y empleo de personas discapacitadas. Proyección a tres y a cinco años.
- Análisis de penosidad laboral, absentismo y accidentología en la instalación existente.
- Inventario de los colectivos profesionales y su «estado de salud», detección de las evoluciones necesarias en las profesiones.
- Diagnóstico de fortalezas y debilidades de la organización actual y de la cultura de seguridad de la instalación y de sus subcontratas.

[13] Nos remitimos aquí a los numerosos Cuadernos de la Seguridad Industrial sobre el tema, disponibles tanto en el sitio web del ICSI como en el de la FONCSI.

[14] Por ejemplo, un equipo de investigación universitaria fuertemente implicado en el tejido social.

[15] Utilizando particularmente las discusiones mantenidas con los interlocutores sociales sobre la gestión de las previsiones en materia de empleos, profesiones y competencias, sobre la paridad hombres-mujeres y sobre el empleo de séniores.

El «delta de innovación»

Algunas inversiones pueden traducirse en una débil evolución con respecto a las tecnologías y procesos conocidos en la instalación. Otros proyectos, aun siendo más limitados, pueden introducir un salto tecnológico y un choque cultural. Algunas profesiones pueden desaparecer, mientras que pueden surgir otras. El equipo promotor de la obra deberá evaluar este «delta de innovación» para definir los objetivos de RR.HH. del proyecto y la política de acompañamiento del cambio.

Objetivos para el proyecto

- Horquilla de efectivos prevista por profesión y categoría profesional.
- Objetivos en materia de desarrollo profesional, de competencias y cualificaciones.
- Objetivos de empleo de mano de obra local.
- Objetivos en materia de empleo de mayores, jóvenes, mujeres y hombres, personas discapacitadas o con restricciones médico-laborales.
- Objetivos de mejora de las condiciones de trabajo y de reducción de la penosidad.
- Objetivos en el ámbito organizativo (por ejemplo, aumento del radio de acción de determinadas categorías profesionales, organización del trabajo a turnos, etc.).
- Objetivos de política industrial (alcance de la subcontratación) para la construcción y la explotación.

1.3.6 Retos de la definición de fases

La coexistencia de la obra y de las instalaciones en funcionamiento, la conexión entre las nuevas instalaciones y las antiguas o el vaivén entre unas y otras pueden revelarse complejos. En algunos proyectos, estos retos son tan importantes que pueden traducirse en objetivos determinantes desde el inicio del proyecto.

1.3.7 Objetivos en materia de gestión del proyecto

El equipo promotor de la obra debe extraer lecciones de las fortalezas y debilidades de los proyectos precedentes[16] para definir una forma de estructuración del proyecto más eficiente:

- Estructuración de la interfaz PO/DO técnica (véase el capítulo 2).
- Designación a tiempo y estabilización profesional de los principales responsables durante el proyecto. La rotación irreflexiva de actores claves es una de las causas de dificultades observadas en numerosos proyectos.
- Definición y planificación de las etapas clave y de los puntos de validación.
- Representación de los explotadores en el proyecto.
- Información/consulta de las instancias representativas del personal.
- Integración de los factores humanos y organizativos en todas las etapas (véanse los capítulos 3 y 4).
- Formalización, con la dirección de obra, de las exigencias relativas a la consideración de los FHO.
- Definición por adelantado de las formas de evaluación del arranque (véase el capítulo 8).

1.4 Garantizar la presencia continua del equipo promotor de la obra en el proyecto

El equipo promotor de la obra se constituye para representar todas las lógicas vitales para el éxito del proyecto. Este grupo de responsables no podrá garantizar una presencia cotidiana

[16] Lo que implica un REX de los proyectos que no se limite a la técnica, sino que trate también la organización de los proyectos en sí misma.

en los detalles del proyecto. Por tanto, es importante que el equipo promotor procure estar representado por un **jefe de proyecto de promoción de obra (JPPO)** en el día a día de todas las etapas de diseño, que convocará reuniones con el equipo promotor cada vez que sea deseable para garantizar las mediaciones necesarias.

La función de jefe de proyecto de promoción de obra es distinta de la de jefe de proyecto de dirección de obra: el JPPO es el representante de la voluntad del equipo promotor de la obra y vela por su cumplimiento a través de las soluciones elaboradas por dicho equipo.

1.4.1 Sustancia y coherencia del proyecto

El proyecto se compone, al menos, de las siguientes dimensiones:

- La implantación global de los componentes principales del proyecto.
- El diseño de operaciones de ingeniería civil.
- La definición de equipamientos materiales.
- La definición de un sistema de información, materiales y programas informáticos[17].
- La reflexión sobre la organización futura.
- La preparación de los futuros operarios y operarias (contratación, formación, capacitación).
- La redacción de los procedimientos.
- La gestión de la información y/o consulta y/o negociación con los interlocutores externos (asociaciones, población local, colectividades territoriales, autoridades tutelares) e internos (empleados e instancias representativas del personal).
- La organización de las fases entre el funcionamiento actual, la organización de la obra y el funcionamiento futuro.

Un proyecto de éxito es aquel en el que **todos** estos aspectos han sido tratados de forma exhaustiva y coherente. El fracaso relativo de un proyecto puede ser producto del tratamiento insuficiente de **uno solo** de estos elementos.

La **sustancia** del proyecto es la consideración exhaustiva de estas distintas cuestiones. La **coherencia** del proyecto es la compatibilidad entre las decisiones tomadas en los diferentes ámbitos, lo que supone garantizar la interlocución entre ellos, y un enfoque transversal.

Sustancia y coherencia del proyecto definen el perímetro de la misión del jefe de proyecto de promoción de la obra.

1.4.2 El perfil del JPPO

Habida cuenta del carácter transversal de la misión del jefe de proyecto de promoción de la obra, no es deseable que este tenga un perfil de experto técnico, del tipo de un director de obra. Debe tener experiencia en la explotación.

Una buena solución consiste en nombrar por adelantado al futuro responsable de explotación de la nueva unidad y convertirlo en CCPO: esta persona tendrá el máximo interés en que todas las dimensiones técnicas, humanas y organizativas se traten de forma coherente en todas las etapas del proyecto. Sin embargo, es preciso prevenir el riesgo de que trate de reproducir las soluciones técnicas y organizativas que mejor conoce: esa es la tarea de las interacciones con el grupo multidisciplinar de promoción de la obra y de las mediaciones de este último.

En un proyecto importante, la función de JPPO exige mucho tiempo. En un proyecto más limitado, podrá tratarse de un puesto a tiempo parcial.

[17] Los sistemas de información dependen cada vez más de paquetes de aplicaciones de gestión integrada que coordinan la gestión de la producción, la gestión comercial, logística, de recursos humanos, contabilidad, control de gestión.

1.5 La información-consulta de las instancias representativas del personales

Prever la información-consulta de las instancias representativas del personal (IRP) es un componente de la gestión del proyecto y, por tanto, responsabilidad del equipo de promoción operativa de la obra, sea quien sea la persona concreta que luego se haga cargo de esta interlocución.

En Francia, el comité de empresa es informado y consultado sobre los proyectos y decisiones de la empresa en lo relativo a:

> *«Las condiciones de trabajo resultantes de la organización del trabajo, la tecnología, las condiciones de empleo, la organización de la jornada laboral, las cualificaciones y modos de remuneración.»*

El CHSCT

> *«es consultado antes de cualquier cambio de planificación importante que modifique las condiciones de higiene y seguridad o las condiciones de trabajo y, en particular, antes de cualquier transformación importante de los puestos de trabajo que conlleve la modificación de las herramientas, un cambio de producto o la organización del trabajo, antes de cualquier modificación de los ritmos y normas de productividad, vinculados o no a la remuneración del trabajo [Código del trabajo].»*

Estas dos instancias serán, pues, consultadas sobre cualquier proyecto de inversión[18].

Algunas empresas tienen la tradición de proporcionar información limitada o tardía a las instancias representativas del personal con el objetivo de no crear movimientos sociales susceptibles de alterar el desarrollo del proyecto. Aparte de que esta posición es contraria a la legislación, suele producir el efecto contrario al deseado, con una acumulación de obstáculos sociales durante el proyecto y en el momento de la construcción y el arranque. Las zonas oscuras no hacen sino suscitar comentarios, rumores y temores que obligatoriamente influyen en el proyecto y su puesta en práctica.

Otras empresas prefieren garantizar una información precoz y regular de las IRP. Si el CE o el CHSCT deciden, como la ley les permite, solicitar que se realice una auditoría, esta puede inscribirse en el calendario global del proyecto. Una de las dificultades observadas por algunos jefes de instalación es el riesgo de que si divulgan información todavía por confirmar sean posteriormente acusados de obstaculizar la tarea del CHSCT si la evolución del proyecto obliga a modificar esas decisiones. Pero nada impide presentar a las instancias representativas del personal **hipótesis de estudio,** en especial en el ámbito organizativo, dejando bien claro que se trata de *hipótesis* que serán objeto de estudios y simulaciones adicionales (capítulos 3 y 4). Esta manera de trabajar es necesaria para poder desarrollar una estrategia participativa que implique al personal. Permite además integrar la reacción de las IRP en los estudios posteriores de las hipótesis organizativas.

La experiencia de intervenciones de factores humanos en grandes proyectos demuestra que jefes de instalación, inicialmente reticentes a divulgar esta información no definitiva, han descubierto los beneficios de esta práctica con ocasión de una inversión y la han generalizado: la negociación social se desarrolla con mayor fluidez, se fomenta la participación de los equipos implicados, y el calendario del proyecto se ve menos afectado.

[18] En particular en el caso de las obligaciones clasificadas, en que la opinión del CHSCT deba figurar en el expediente de solicitud de la autorización de explotación.

Relaciones con las IRP: puntos clave

Este enriquecimiento del diálogo social en torno a un proyecto supone un aprendizaje por ambas partes. En cada etapa se trata de garantizar el análisis de las soluciones propuestas, el debate sobre sus ventajas e inconvenientes para permitir mediaciones cuando sea posible, pero también tener en cuenta el hecho de que algunas exigencias no son negociables.

Pueden valorarse las siguientes ventajas de los representantes elegidos por los trabajadores y de los delegados sindicales:

- Conocen bien las instalaciones.
- Conocen a los trabajadores de la instalación pero también a los jefes de equipo, lo que facilita las interacciones.
- Son un poderoso vector de comunicación.
- Pueden aportar un ángulo de reflexión diferente sobre el trabajo.
- Las organizaciones interprofesionales tienen asociados dentro de las empresas subcontratadas y tienen más facilidad para transmitir las dificultades o mejorar la comunicación.

El diálogo será mejor si los interlocutores han definido previamente retos, objetivos y formas de interacción comunes. Se puede iniciar un proceso de diálogo en consonancia con las obligaciones de información y consulta a las IRP, en particular a la hora de decidir sobre misiones de temas específicos marcados de forma conjunta, o en función de las necesidades de las reuniones paritarias sobre temas específicos, como la promoción profesional, la evolución de las carreras profesionales, el cambio de horarios y ritmos de trabajo…

Así pues, es deseable que el equipo de promoción de la obra disponga en su seno de un actor competente para gestionar, a lo largo de todo el proyecto, la interacción con las IRP.

1.6 Planificar todas las dimensiones del proyecto

La planificación de las etapas técnicas del diseño siempre se efectúa de forma precisa. En particular en el caso de una instalación que debe conectarse a las unidades existentes, las obras suelen programarse para coincidir con una gran parada de mantenimiento de estas últimas.

Por el contrario, otras dimensiones del proyecto se planifican en ocasiones con mucha menos precisión. Sería deseable que al menos los siguientes aspectos se integrasen **desde el principio en la planificación del proyecto:**

- Estudio de peligros, análisis de riesgos (análisis HAZOP o what-if reviews), preparación de la solicitud de autorización de explotación.
- Implantación de las medidas de compensación medioambiental identificadas durante el anteproyecto.
- Preparación y depósito de la solicitud de autorización de explotación.
- Información y consulta a las IRP, negociación social de la futura organización, incluida, en su caso, la realización de una auditoría a petición del CE y/o del CHSCT.
- Análisis y simulaciones de factores humanos sobre el funcionamiento futuro de la instalación (encuadre FHO, véase el capítulo 4).
- Construcción y simulación de las hipótesis organizativas (véanse los capítulos 4 y 5).
- Contratación de los futuros equipos y de los supervisores, realización de la formación y la capacitación.
- Revisión del proyecto antes de la obra.
- Revisión del proyecto antes del arranque (véase el capítulo 7).

2

La coordinación entre promoción de obra y dirección de obra

En pocas palabras

La dirección de obra es la responsable de llevar a la práctica la voluntad expresada por el equipo promotor de la obra, buscando soluciones compatibles con las exigencias y recursos fijados por esta. Un buen desarrollo del proyecto supone la coordinación en todas las etapas entre la promoción de la obra y la dirección de la obra para permitir una construcción progresiva y colectiva del diseño. La calidad de esta interlocución depende especialmente del nombramiento de un jefe de proyecto de promoción de obra que reúna a su alrededor un equipo de proyecto dedicado.

El estudio detallado de las soluciones técnicas se confiará a una dirección de obra (DO) que puede ser interna (por ejemplo, departamento de ingeniería del grupo) o externa (empresa de ingeniería). La dirección de obra realiza los estudios y coordina la realización por cuenta de la promoción de obra.

La estructuración del proyecto debe permitir garantizar que **la actividad de la dirección de obra esté al servicio de la voluntad expresada por el equipo promotor de la obra.** Una dirección de obra que se vuelve autónoma debido a la debilidad de la promoción de obra es la causa principal de riesgo de los proyectos.

2.1 La dinámica voluntad-viabilidad

El proceso de diseño suele representarse secuencialmente, en una lógica de tipo «pliego de condiciones»:

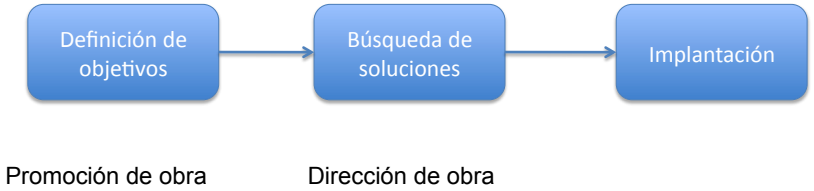


Figura 2.1: *Modelo clásico de diseño*

Según este modelo, el equipo promotor de la obra definiría exhaustivamente sus objetivos y necesidades al inicio del proyecto, lo que permitiría a la dirección de obra estudiar soluciones que cumpliesen todas las exigencias fijadas. Este modelo, que estructura por ejemplo el Código de los Mercados Públicos, no se corresponde con la realidad del desarrollo de los procesos de diseño, ni con el modo de razonamiento de los actores.

En la realidad, tras una primera definición de los objetivos por parte de la entidad promotora de la obra, la dirección de obra comenzará a estudiar la viabilidad, a buscar soluciones. Esta primera exploración le permitirá detectar zonas oscuras, contradicciones o desviaciones entre los objetivos marcados y los objetivos dotados de recursos. Entonces tendrá que **volver a acudir al equipo promotor** para obtener aclaraciones y arbitrajes:



Figura 2.2: *Las primeras interacciones PO/MO*

El equipo promotor de la obra puede aclarar su voluntad, suprimir objetivos inalcanzables con los recursos previstos o asignar nuevos recursos para mantener los objetivos. Esta alternancia se sucederá a lo largo de todo el proceso de diseño, hasta su realización final:



Figura 2.3: *La dinámica PO/MO*

Es el estudio de las soluciones el que hace surgir nuevas preguntas, requiere que se precisen los objetivos, que se eliminen contradicciones entre ellos y se arbitre entre objetivos y recursos.

Por ejemplo

Una solución técnica puede ser rechazada por el equipo promotor por su excesiva dureza física, ya que el mantenimiento del empleo de trabajadores de edad avanzada es una de sus prioridades (que no había formulado en los objetivos iniciales). O bien, una situación que parece muy satisfactoria desde todos los puntos de vista requiere recursos adicionales que los promotores pueden decidir asignar o no.

El «problema de diseño» no puede definirse exhaustivamente desde el inicio, sino que se construye progresivamente, según la dirección de obra va encontrando soluciones viables y se ajusta la voluntad de la entidad promotora[19].

Cuando la entidad promotora de la obra es fuerte y está bien representada, es ella quien realiza los arbitrajes necesarios entre voluntad y viabilidad. En caso de ausencia del equipo promotor, será la dirección de obra quien responda a las cuestiones que ella misma se plantee, y a menudo lo hará con una competencia puramente técnica, a riesgo de subestimar las implicaciones socio-técnicas de las soluciones elegidas.

2.2 Las misiones de la dirección de obra

La entidad promotora puede elegir entre dos formas de dirección de obra:

- Un contrato de diseño: la dirección de obra recibe el encargo de realizar los estudios y la entidad promotora contratará directamente a las empresas constructoras.
- Con mucha más frecuencia, un contrato de diseño y ejecución[20]: la dirección de obra recibe el encargo de realizar los estudios, seleccionar a las empresas y llevar a buen puerto la obra; será ella quien contrate a las empresas constructoras.

El reparto de los estudios entre la dirección de obra y las empresas subcontratadas puede desarrollarse de dos formas diferentes, según el tipo de subcontrata:

- En algunos casos, el departamento de ingeniería redactará los pliegos de condiciones para consulta de las empresas subcontratadas (instalaciones físicas, informática de proceso…) después de realizar los estudios básicos, y las empresas contratadas realizarán los estudios detallados. En este caso, se hace un gran uso de la capacidad de estudio de las empresas proveedoras.
- En otros casos, el departamento de ingeniería dispone de competencias para estudiar todos los procesos implicados y será la dirección de obra quien realice los estudios detallados; estos darán lugar a los pliegos de condiciones destinados a las empresas que llevarán a cabo la obra. En esta situación la capacidad de estudio se concentra en el seno de la dirección de obra.
- A menudo se da una combinación de ambas situaciones, según el tipo de subcontrata.

La contractualización de las responsabilidades de la dirección de obra en materia de FHO se trata en la página (véase capítulo 3, epígrafe 3.3.).

2.3 La calidad de la interlocución promoción de obra/dirección de obra

Como se ha indicado en el capítulo anterior, la primera condición de un buen funcionamiento de esta interlocución PO/DO es la existencia de un **jefe de proyecto de promoción de obra** identificado y disponible que sea el interlocutor permanente de la dirección de obra. Este solicitará la intervención del equipo promotor de la obra en los casos previstos y siempre que sea necesario.

[19] Según Martin, 2000.
[20] En los documentos anglosajones, *EPC* (*Engineering, Procurement and Construction) contract.*

2.3.1 Un equipo de proyecto

Para garantizar sus funciones, el JPPO podrá recurrir a los distintos departamentos de la empresa (por ejemplo, RR.HH., HSE, compras, etc.), pero, por lo general, también necesitará un **equipo de proyecto dedicado.** Este incluirá, al menos:

- Especialistas técnicos capaces de analizar las propuestas de la dirección de obra, su compatibilidad con los objetivos fijados y sus estimaciones.
- Competencias de explotación que les permitan anticipar las condiciones reales de operación de las instalaciones, **preparar las hipótesis organizativas,** garantizar la preparación de los planes de formación, coordinar la redacción de los procedimientos, etc.
- Una competencia de planificación y control de costes.
- Competencias medioambientales y de factores humanos (véase el capítulo 3).

Las competencias necesarias en este equipo de proyecto y el progresivo aumento de sus capacidades se planificarán desde el principio. Deberá garantizarse la estabilidad de las personas durante todo el proyecto.

La dirección de obra puede estar geográficamente alejada del emplazamiento de la instalación. Es esencial que el jefe de proyecto de promoción de la obra y el equipo de proyecto se encuentren **sobre el terreno** en que se va a construir la nueva unidad. Esta proximidad geográfica condiciona la interlocución con los explotadores, la calidad de la preparación y el seguimiento de la construcción, así como el desarrollo del arranque. Puede ser necesario instalar oficinas provisionales.

2.3.2 Otros apoyos

Según las características del proyecto, el equipo promotor puede recurrir a distintos consultores internos o externos para asesorarse sobre aspectos energéticos, medioambientales, legislativos, de factores humanos... Es esencial que el JPPO tenga una visión de conjunto de la contribución de cada uno.

2.4 En resumen: estructura general del proyecto

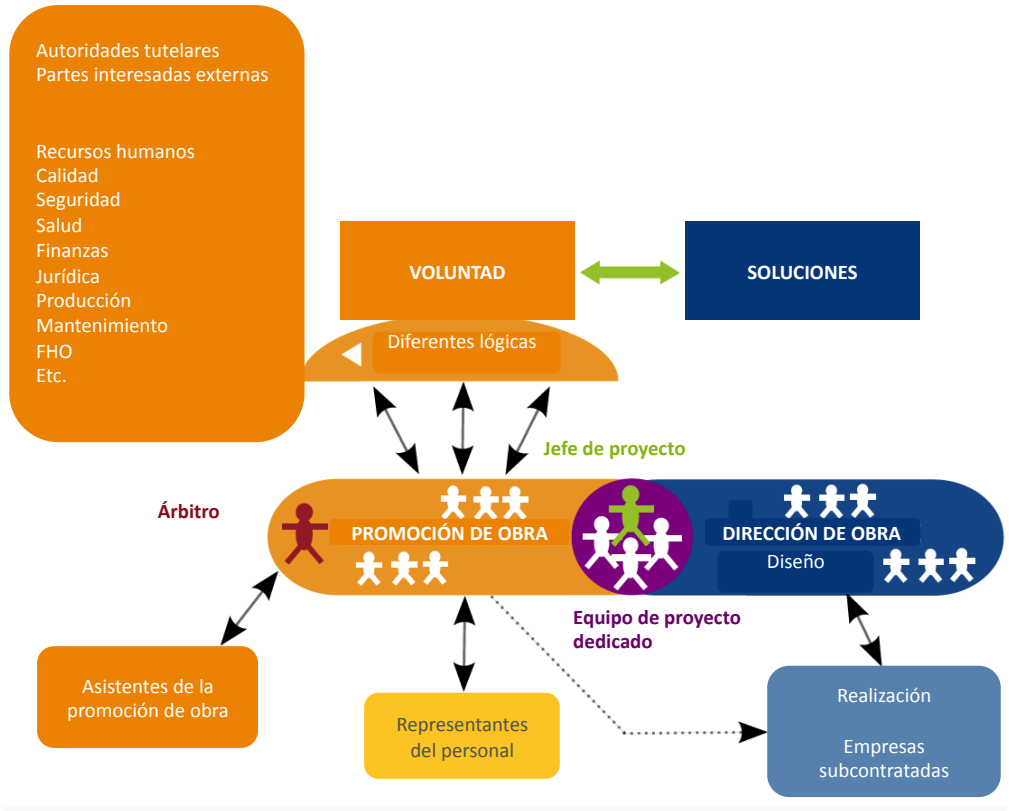


FIGURA 2.4: *Estructura general del proyecto según Jackson, 1998*

En resumen, la estructuración del proyecto presenta las siguientes características:

- Todas las cuestiones vitales del proyecto (vinculadas a las partes implicadas internas o externas) están reflejadas dentro del **equipo promotor de la obra,** que es el portador de la voluntad relativa al funcionamiento futuro del sistema y garantiza, en particular, la interlocución con los socios externos e internos (IRP).
- Eventualmente, asistentes de la promoción de obra (APO).
- Un **«árbitro»** susceptible de establecer soluciones de compromiso entre las diferentes lógicas.
- Un **jefe de proyecto de promoción de obra** que garantice una presencia permanente de la entidad promotora frente a la dirección de obra y convoque al reuniones con el equipo promotor cuando sea necesario.
- Un **equipo de proyecto dedicado** que asista al jefe de proyecto de promoción de obra.
- Una **dirección de obra** encargada de diseñar —y eventualmente, de realizar— soluciones compatibles con los objetivos de la entidad promotora.

3

Beneficios esperados y condiciones de éxito de la estrategia FHO

En pocas palabras

La implantación de una estrategia de FHO dentro del proyecto permite buscar una fiabilidad del sistema socio-técnico global, una disminución de la incertidumbre sobre la seguridad industrial, una mejor circulación de la información y una convergencia de las movilizaciones. La estrategia FHO debe planificarse desde el inicio del proyecto para integrarse armoniosamente en las etapas de diseño y proporcionar puntualmente las informaciones y validaciones necesarias. En el caso de un contrato de diseño y ejecución, la estrategia FHO es objeto del contrato establecido con la DO. Las condiciones de la vinculación de los explotadores al proyecto también deben definirse precozmente.

Antes de describir, en el capítulo 4, las posibles aportaciones de una estrategia FHO a la gestión de un proyecto de inversión, examinemos los beneficios esperados de la misma y las condiciones de éxito.

3.1 Beneficios esperados por la entidad promotora y, en especial, por la dirección de la instalación

La implantación de una estrategia FHO requiere una estructuración del proyecto que dé preeminencia a la entidad promotora sobre la dirección de obra y que favorezca la coordinación entre ambas (capítulo 2).

La primera condición de éxito de una estrategia FHO en un proyecto industrial es, por tanto, la convicción de la entidad promotora y, en particular, de la dirección de la instalación. Ambas pueden esperar los siguientes beneficios.

3.1.1 Fiabilización del sistema socio-técnico global

La estrategia FHO va a permitir:

- Una mayor interacción entre los diferentes actores del proyecto y de la explotación.
- Una mejor consideración del uso futuro a lo largo de todo el proceso de diseño.

Las situaciones de explotación normal o incidental susceptibles de presentarse en el futuro tienen así más posibilidades de ser previstas desde la fase de diseño y corregidas sobre plano en lugar de salir a la luz durante el funcionamiento.

La asociación precoz de responsables y equipos de explotación refuerza el control de los explotadores y su capacidad para hacer frente a las situaciones previstas e imprevistas.

3.1.2 Mayor control del arranque y del presupuesto

En ausencia de una estrategia FHO, el presupuesto a menudo se ve lastrado por la aparición de numerosos imprevistos durante los estudios (indicaciones de los explotadores que intervienen tardíamente) y por un arranque difícil que requiere modificaciones y entraña una pérdida de explotación.

Desgraciadamente, estos importantes costes se suelen analizar poco, pues se carece de perspectiva en términos de presupuesto global del proyecto.

En el caso de que se implante una estrategia FHO, su coste es el de los expertos en FHO, los tiempos de reunión y el proceso participativo. Los resultados de las simulaciones llevan a modificaciones del proyecto en la fase de planificación. Estas se ven compensadas por la **disminución riesgos descubiertos tardíamente** durante el diseño. Es más frecuente que el arranque tenga lugar en tiempo y hora, con escasas modificaciones. No se constata ninguna pérdida de explotación significativa. Por tanto, se garantiza una mayor fiabilidad del diseño, no solo por la presencia de especialistas en FHO, sino por todas las interacciones entre actores que este proceso fomenta.

3.1.3 Disminución de la incertidumbre sobre la seguridad industrial

Un proyecto que se inscribe en una industria de riesgo conlleva siempre una parte de incertidumbre, especialmente sobre la capacidad de la organización para hacer frente a posibles accidentes. ¿Seremos capaces, en cualquier circunstancia, de parar la instalación con total seguridad? La realización de simulaciones del trabajo futuro contribuye a disminuir esta incertidumbre:

- Permite, mediante la anticipación, mejorar el diseño de las instalaciones, las disposiciones organizativas, los procedimientos.
- Aumenta la competencia de los equipos y los supervisores para controlar las instalaciones y hacer frente a sucesos raros, mejorando así lo que los anglosajones denominan *preparedness*.

3.1.4 Mejor circulación de la información

Una de las dificultades habituales de los proyectos es el desfase entre los niveles de información de que disponen los distintos participantes. La estrategia de factores humanos se alimenta de interacciones entre numerosos actores del proyecto. Genera «objetos intermedios» (informes, planificaciones, maquetas...) que pueden ser compartidos por todos. Provoca reuniones entre diferentes tipos de actores. Por ello, contribuye a la circulación de la información sobre el avance del proyecto y a la sincronización de las expectativas de unos y otros. En particular, fomenta la información de los responsables de la explotación sobre las soluciones adoptadas por el equipo de proyecto.

3.1.5 Convergencia de movilizaciones

A menudo una inversión gestionada por un departamento de ingeniería distante es percibida por los actores que se encuentran sobre el terreno como un proyecto «impuesto desde arriba» y es objeto de distintas formas de desconfianza y rechazo. Por el contrario, una gestión del proyecto que implique a los actores locales en la previsión del funcionamiento futuro y la puesta a punto de las soluciones propuestas favorece la aceptación del proyecto y la convergencia de las distintas movilizaciones: equipo de proyecto, responsables de explotación, supervisores de proximidad y equipos de explotación. Los operarios veteranos tienen menos preocupaciones sobre su capacidad para seguir una nueva formación y adquirir nuevas capacitaciones.

Si se reúnen las condiciones de información y consulta de las instancias representativas del personal (capítulo 1), la estrategia FHO puede igualmente favorecer el diálogo social.

3.1.6 Disminución de la penosidad y los accidentes

Un diseño de las instalaciones que integre precozmente las condiciones del trabajo humano puede favorecer la disminución de dureza de la realización de las operaciones, una menor exclusión de los trabajadores de más edad, una disminución de ciertas restricciones médico-laborales y contribuir a una disminución de los accidentes. No obstante, hay que procurar que la reducción del esfuerzo físico no venga acompañada de un aumento de las exigencias en términos de ritmo o un aumento de la carga de tratamiento de información.

3.2 La organización de la estrategia FHO

3.2.1 Competencias requeridas

La implantación de una estrategia FHO en el conjunto de un proyecto requiere las competencias propias de los ergónomos (o de los especialistas en factores humanos)[21]. En una inversión importante, la mera sensibilización en materia de factores humanos de un responsable técnico no será suficiente para garantizar una consideración coherente de todos los aspectos que entran en juego.

Debe designarse un responsable de FHO. Según el tamaño del proyecto, podrá rodearse de varios profesionales cualificados, eventualmente procedentes de distintas especialidades (por ejemplo, un ergónomo especializado en IHM, un especialista en organizaciones…).

Los responsables de FHO en un proyecto movilizarán competencias basadas en:

- Conocimientos sobre el funcionamiento (físico, cognitivo, psíquico) del ser humano y de las organizaciones, que les permitirá, sobre todo, evaluar el coste humano[22] de una actividad y los diferentes riesgos asociados a la misma (riesgos de error, riesgos para la salud).
- Métodos de análisis del trabajo en las situaciones existentes.
- Métodos de simulación del trabajo futuro y de evaluación FHO del sistema previsto.
- Métodos de integración de los aspectos FHO en todas las etapas del proyecto en colaboración con los actores correspondientes.

Pueden ser trabajadores de la empresa o consultores externos[23]. En los grandes proyectos es preferible que pertenezcan a la empresa, por ejemplo, como personal asignado al proyecto por los servicios centrales.

---

[21] El término «ergónomo» está ligado a la cultura europea, incluida la británica. El término «especialista en factores humanos» procede históricamente de la cultura americana. Asistimos, a nivel internacional, a una convergencia de ambas denominaciones, dado que la Human Factors Society americana se ha convertido en la Human Factors and Ergonomics Society y la Ergonomics Society inglesa se ha convertido en el Institute for Ergonomics and Human Factors.

[22] El coste humano de una actividad se refiere a sus efectos negativos sobre las personas:

- A corto plazo: esfuerzos importantes, posturas incómodas, dolores, fatiga, lesiones, estrés, conflictos dentro de un colectivo…
- A más largo plazo, debido a la repetición de determinadas situaciones: repercusiones en la salud, restricciones de aptitud o incapacidad laboral, ansiedad, depresión, deterioro de las relaciones interpersonales…

[23] La empresa que desee una garantía de la competencia del consultor podrá verificar que disponga de un máster en factores humanos y/o un título europeo de Ergónomo. Esta certificación, creada por las sociedades europeas de ergonomía, se basa en la evaluación de la formación, la experiencia profesional y la actualización de las competencias profesionales. El equivalente americano se denomina Certified Professional Ergonomist o Certified Human Factors Profesional.

3.2.2 Posicionamiento de los responsables de FHO

Algunas empresas han decidido atribuir las competencias en materia de FHO a la dirección de obra, imponiéndole a esta la contratación de un ergónomo. Este último puede así intervenir sobre los aspectos técnicos del diseño, pero si las competencias en materia de FHO se sitúan únicamente aquí, la entidad promotora se priva de una aportación en materia de factores humanos sobre la definición de los objetivos del proyecto, las hipótesis organizativas, la redacción de los procedimientos…

Para dar toda su amplitud a la estrategia de FHO, es deseable que su responsable se sitúe del lado de la promoción de la obra[24]. Una buena solución puede ser **situarla al lado del jefe de proyecto de promoción de obra,** dentro del equipo de proyecto. Esta posición garantiza la legitimidad de la estrategia FHO, la proximidad con respecto al flujo de información y a los actores del diseño y la posibilidad de una visión transversal. El responsable de FHO podrá ser invitado a las reuniones del equipo promotor siempre que sea necesario. Participará en las prevalidaciones de las grandes decisiones de diseño en diferentes hitos del proyecto.

3.2.3 Encuadre de la estrategia FHO

La dimensión de la estrategia FHO[25] debe permitir hacer todas las aportaciones que se mencionan en los capítulos 4 y 5. Idealmente, deberá estar planificada en todo el proyecto, desde la definición de los objetivos a la evaluación del arranque. Por lo tanto, habrá que nombrar a un responsable de FHO desde la fase del anteproyecto[26] para contribuir a encuadrar la estrategia al completo. Se podrá recurrir a otros expertos en FHO en un porcentaje de tiempo variable en función de las fases del proyecto.

El **encuadre de la estrategia de FHO** en la fase de anteproyecto consiste en:

- Determinar antes o durante los estudios de anteproyecto las necesidades, oportunidades y riesgos específicos del proyecto en materia de factores humanos y organizativos: características de la población, identificación de los problemas conocidos en las situaciones existentes, grado de innovación, riesgos tecnológicos, complejidad de las interfaces, retos sociales…
- Reforzar la información empleada para fijar las hipótesis iniciales, por ejemplo, en materia de efectivos u organización[27].
- Promover e instruir la definición, por parte de la entidad promotora, de los objetivos socio-técnicos relativos a estas cuestiones y **su expresión en el programa funcional** (capítulo 1).
- Realizar, en colaboración con los equipos de RR.HH., el «*dossier* personas-organizaciones» del programa funcional (véase capítulo 1, epígrafe 1.3.5).
- Identificar el resto de estrategias o procedimientos de la empresa susceptibles de interferir con la estrategia de factores humanos.
- Determinar la estrategia global en materia de factores humanos y organizativos para el conjunto del proyecto y definir qué requiere por parte de cada uno de los actores del proyecto (**plan de integración de FHO)**.
- Contribuir a una estructuración del proyecto que permita una interacción continua entre equipo promotor y dirección de obra e introducir las exigencias correspondientes en la contractualización de la dirección de obra (capítulo 2).

[24] Cosa, por otro lado, que no es incompatible con la presencia de un ergónomo en el seno del equipo de dirección de obra, en particular cuando este tiene un contrato de diseño y ejecución.

[25] Los estándares anglosajones hablan de HFE *(Human Factors Engineering) screening*, término que designa la detección precoz de todas las necesidades en materia de FHO y conduce a una estrategia global de FHO y a la planificación de la estrategia. Véase el artículo de Seet & McLeod citado en la síntesis inicial de este documento [Seet y McLeod, 2012].

[26] Este responsable de FHO movilizado de forma muy precoz para el anteproyecto será en ocasiones distinto del que se hará cargo del seguimiento efectivo del proyecto en la fase de los estudios.

[27] Cuando el proyecto consiste en la modernización, ampliación o traslado de una instalación existente, la realización de estas misiones podrá requerir que el especialista en FHO proceda desde esta fase a un análisis detallado de su funcionamiento actual y de las dificultades encontradas (véase el capítulo 5).

- Traducir la estrategia FHO general en etapas metodológicas, negociar los recursos correspondientes e introducir las etapas FHO en la planificación general del proyecto.

3.2.4 Asignación de recursos

La estrategia FHO no es un «gasto», sino un componente de la inversión. Por ello, se le debe asignar una partida presupuestaria desde el inicio del proyecto. La suma dependerá, evidentemente, de la naturaleza del proyecto, de su grado de innovación, del nivel de riesgos industriales y la estrategia global de FHO implantada (en particular, del reparto de funciones de FHO entre el equipo de proyecto interno y la dirección de obra).

Si bien la estructura presupuestaria de los proyectos es muy variable, las experiencias vividas[28] nos llevan a sugerir los siguientes órdenes de magnitud:

- Coste de los especialistas en factores humanos: 0,10 al 0,25 % del total de la inversión.
- Coste interno de la estrategia de factores humanos (tiempo de la dirección, del equipo de proyecto, de los supervisores y operarios): 0,5 a 1,5 % del total de la inversión[29].
- Dotación presupuestaria para integrar los resultados de la estrategia de factores humanos en el diseño (equipamientos que contribuyan a promover la seguridad y a prevenir la penosidad, corrección de errores de diseño detectados…) 1 a 4 % del total.

3.3 Contractualización FHO de la dirección de obra

La implantación de una estrategia FHO se realiza por voluntad de la entidad promotora de la obra. Si existe una estrategia FHO global, las responsabilidades específicas de la DO en este campo deben explicitarse en el programa funcional y en el contrato que la vincula con la PO. Se indicarán así:

- La existencia de un referente de FHO, incluso de un especialista en FHO dentro del equipo de DO.
- Las condiciones de participación de la DO en los estudios de peligro y en los análisis de riesgo.
- La naturaleza y planificación de la información en materia de FHO que será proporcionada por la PO y deberá ser tenida en cuenta por la DO, en especial las referencias para el diseño y los resultados de las simulaciones.
- La naturaleza y planificación de la información, herramientas y recursos que deberá proporcionar la DO para permitir el desarrollo de la estrategia FHO (por ejemplo, tipo de planos o maquetas, presencia de un representante de la DO en los grupos de trabajo encargados de las simulaciones, versiones intermedias de los procedimientos o documentos de gestión…).
- Las formas de interacción entre DO y PO (en especial, reuniones regulares) en todas las etapas del proyecto.
- La naturaleza y fecha de los hitos de validación de FHO de cada una de las etapas de diseño.
- Las exigencias en materia de FHO que la DO deberá integrar en los pliegos de condiciones y en el proceso de selección de proveedores.
- La aportación que se espera de la DO a la formación de los operarios.
- Las formas contractuales de participación de los operarios de explotación al entrar en servicio cuando la entrada en servicio sea responsabilidad de la DO.
- Las exigencias FHO relativas a la preparación de la obra y las condiciones de coordinación de la obra entre DO y futuros responsables de explotación.
- Las formas de presencia de la DO en la fase de arranque.
- La exigencia de una evaluación de uso unos meses después del arranque.

[28] Ejemplos extraídos de los sectores químico y petroquímico.

[29] Dado que estos salarios se pagan de todas formas, las partes alícuotas movilizadas para la estrategia FHO raras veces son objeto de una identificación específica.

3.4 Vinculación de los explotadores

La presencia de los explotadores (**producción y mantenimiento)** en el proyecto es una condición de éxito. Adquiere diversas formas.

3.4.1 Presencia de explotadores experimentados en el equipo de proyecto

Es frecuente que se asignen explotadores (operarios, jefes de turno, jefes de equipo de mantenimiento, ingenieros de producción…) al equipo de proyecto. Esta presencia es muy útil para promover la toma en consideración de las exigencias de explotación en las decisiones de diseño.

Sin embargo, no hay que subestimar el hecho de que, tras muchos meses en un equipo de diseño, los antiguos explotadores van adquiriendo progresivamente una parte del modo de pensar de sus compañeros diseñadores. Puede ser útil permitirles regresar periódicamente a su trabajo de explotación.

El modo de vinculación de los explotadores asignados al proyecto no debe ponerlos en la situación de convertirse en simples «avisos» para el resto del equipo del proyecto: su aportación debe integrarse en el conjunto de la estrategia de FHO.

Por otra parte, su presencia no substituye a la información regular de los actuales responsables de explotación sobre el avance del proyecto.

3.4.2 Vinculación de los actuales responsables de explotación

La apropiación del proyecto por parte de la entidad que va a recibir la instalación es una cuestión esencial. Los actuales responsables de explotación suelen verse marginados con respecto al desarrollo del proyecto, en particular debido a su carga de trabajo cotidiana. Esta ausencia tiene, en ocasiones, consecuencias graves:

- Los supervisores de proximidad tienen dificultades para responder a las preguntas de los equipos sobre el proyecto.
- Difícilmente pueden anticipar los efectos de la nueva instalación sobre la explotación de las demás unidades y, por lo tanto, contribuye poco a la reflexión sobre las hipótesis organizativas.
- Es susceptible de tomar, en las unidades existentes, decisiones que serán replanteadas en el proyecto.

Los responsables de explotación deben implicarse desde el inicio del proyecto, por ejemplo, en el curso de una reunión de puesta en marcha en la que contribuirán a inventariar los riesgos y oportunidades asociados al proyecto.

El jefe de proyecto de promoción de obra deberá organizar la información regular de los responsables de explotación actuales, por ejemplo, en forma de reunión mensual. Algunas tareas del proyecto deberán implicarlos directamente, como la enumeración de las situaciones de explotación (véase capítulo 5, 5.3).

3.4.3 Vinculación de los futuros explotadores

La implantación de una estrategia de recursos humanos requiere la participación de los futuros explotadores (operarios y supervisores de proximidad) desde la fase de los estudios detallados[30]. Por otra parte, la formación necesaria para la gestión y mantenimiento de la nueva instalación y la redacción de los procedimientos también deberán comenzar durante esta fase.

[30] Desde la fase de realización de los estudios detallados en caso de modificación de una instalación existente. Si los futuros operarios todavía no están nombrados es posible vincular al proyecto a operarios que presenten las competencias que servirán de base para los futuros nombramientos.

Así pues, es indispensable que los **futuros explotadores** de la nueva instalación se **identifiquen precozmente,** ya sean nuevos contratados o personal trasladado desde otras unidades de la instalación o desde otras instalaciones. Si bien no siempre es posible nombrar a la totalidad de los miembros de los futuros equipos con mucho tiempo de antelación, es deseable un aumento progresivo de esta capacidad[31]:

- Nombramiento del futuro responsable de explotación de la unidad desde el inicio del proyecto, si es posible, con la función de jefe de proyecto de promoción de obra.
- Nombramiento de los supervisores de proximidad y de una parte de los operarios sénior de 18 meses a un año antes del inicio de la obra para permitir su participación al final de la fase de realización de los estudios detallados y la preparación de la formación (cosa que no exige que estén disponibles a tiempo completo para el proyecto, puede tratarse de una dedicación a tiempo parcial).
- Constitución de los futuros equipos, como muy tarde, al iniciarse la construcción para permitir que completen la formación, participen en las pruebas y finalicen su capacitación.

3.4.4 Condiciones de un enfoque participativo

Un enfoque participativo de los factores humanos no consiste en recabar las «opiniones» de los empleados sobre las orientaciones técnicas y organizativas.

Su objetivo es implicarlos en un trabajo conjunto de evaluación, incluso de decisión, de esas soluciones en torno a las preguntas «**¿Cómo vamos a trabajar en el futuro sistema? ¿Qué problemas corremos el riesgo de encontrarnos? ¿Qué tipo de soluciones podemos favorecer?**, aplicadas a diversas situaciones de explotación.

Esta participación directa de los operarios tiene un estatus diferente de la participación de sus representantes en las IRP. Estos últimos tienen la función de representar los intereses de todos los trabajadores en un gran número de ámbitos (empleo, estatuto, cualificación, remuneración, condiciones de trabajo, horarios y ritmos de trabajo, formación, beneficios sociales…). Los operarios que se implican en la evaluación y puesta a punto de soluciones representan a su propia categoría profesional.

Estas dos formas de representación deben, pues, coordinarse: es imposible adoptar un enfoque participativo sin informar y consultar previamente a las IRP sobre sus objetivos, etapas, modalidades de constitución de los grupos de trabajo, etc. Si los representantes del personal apoyan la gestión de proyecto adoptada, la confianza y movilización de los empleados se verán facilitadas. Las IRP también deben ser puntualmente puestas al corriente de los resultados de la estrategia.

[31] Ejemplos extraídos de los sectores químico y petroquímico.

Segunda parte

La estrategia FHO

4

Panorama de métodos

En pocas palabras

El objetivo de la estrategia FHO es prever el trabajo futuro que se va a desarrollar en la nueva instalación. Se conjuga con la dinámica de diseño en todas las etapas del proyecto. Una de sus primeras contribuciones esenciales es la explicitación de las situaciones futuras, normales o degradadas, que deberán gestionarse en la explotación del nuevo sistema.

La futura unidad será explotada por mujeres y hombres cuya actividad condicionará el rendimiento y la seguridad de la instalación, así como la seguridad y la salud de las personas implicadas. Esta actividad debe, por tanto, ser fomentada por el **diseño técnico y organizativo** de todo el sistema.

4.1 Diferentes dimensiones de una estrategia FHO

La reflexión sobre la actividad humana durante el diseño de un sistema comporta varias dimensiones[32]:

- La más conocida es la **adaptación de los medios de trabajo** a las características físicas y perceptivas de los usuarios (en su diversidad): hacer que las válvulas sean accesibles a operarios de cualquier tamaño; evitar los esfuerzos excesivos; prevenir la exposición a factores ambientales nocivos; exponer la información de una manera clara, que favorezca una comprensión rápida y precisa de la situación y, por tanto, la toma de decisiones adaptadas; diseñar controles conformes a las normas profesionales; dimensionar el mobiliario, etc. A menudo, esta consideración indispensable presenta lagunas en los proyectos de diseño industrial[33]. En gran medida, puede mejorarse respetando los estándares de diseño, pero esta adaptación necesaria de los medios de trabajo a la fisiología humana no es suficiente si no nos planteamos cuál es el **trabajo real.** Las instalaciones a menudo se diseñan principalmente para un funcionamiento que se considera normal. Cuando las condiciones de explotación se desvíen con respecto a las hipótesis de diseño, por ejemplo, en las fases de arranque, en incidentes, operaciones de mantenimiento, etc., los operarios pueden tener que gestionar situaciones no previstas por el diseño. Las condiciones de intervención pueden entonces resultar problemáticas desde los puntos de vista de las condiciones de trabajo, la seguridad, pero también del rendimiento industrial.
- La segunda gran contribución de una estrategia de factores humanos-ergonomía consiste, por tanto, en inventariar las **situaciones** que los operarios tendrán que gestionar en la futura instalación y en indagar sobre la actividad que será posible realizar en dichas situaciones a través de las **simulaciones** que describiremos más adelante.

[32] Véase, por ejemplo, Béguin, 2004.
[33] El anexo 1 de la guía OGP 454 citada en la síntesis de este documento [OGP, 2011] ofrece ejemplos de aquello que hay que evitar.

Las hipótesis técnicas y organizativas pueden ponerse a prueba en estas simulaciones, y corregirse desde la fase de estudio si se revela necesario.

- La tercera contribución de una estrategia de factores humanos consiste en fomentar el **desarrollo** del sistema y de las personas, más allá de la situación inicial posterior al arranque. Un sistema industrial que no progresa es un sistema que retrocede, habida cuenta, sobre todo, del envejecimiento de las instalaciones. Nos interesaremos aquí por las condiciones organizativas que nutrirán, en el día a día, la mejora continua de la seguridad, el desarrollo de competencias, la gestión de las trayectorias profesionales, el diálogo social, etc.

4.2 Etapas de la contribución de FHO al proyecto

Esta sección presenta una visión global de la contribución de FHO posible en cada una de las etapas del proyecto. Los métodos correspondientes se detallarán en el capítulo 5.

4.2.1 Anteproyecto

La contribución FHO durante el anteproyecto se ha descrito con anterioridad en el epígrafe «encuadre de la estrategia», en el capítulo 3, epígrafe 3.2.3.

4.2.2 Estudios básicos

Durante los estudios básicos, en función de las grandes decisiones técnicas adoptadas, el trabajo del especialista en FHO se centrará sobre todo en la identificación de las **situaciones probables de explotación futura,** en sus características principales y en las exigencias que se derivarán de las mismas. Se trata de inventariar, con tanta precisión como sea posible, situaciones de producción y mantenimiento que los operarios podrán tener que gestionar en el futuro, no solo durante el funcionamiento normal de la instalación, sino también en los arranques, incidentes, paradas (poniendo particular énfasis en las **tareas críticas** desde el punto de vista de la seguridad). Este inventario debe permitir que el diseño se centre en todas las situaciones de explotación, y no solamente en las situaciones de funcionamiento normal.

Por ejemplo

El volcado de un bidón de catalizador en un reactor es una operación «sencilla». Sin embargo, para ello debe ser posible realizar todas las operaciones siguientes:

- Identificar el bidón correcto de catalizador en el almacén.
- Transportar el bidón al lugar de volcado.
- **Abrir el bidón** (¿herramienta?) y **posar la tapa y la herramienta.**
- Obtener la autorización de la sala de control para realizar la operación.
- Abrir una trampilla (reactor en funcionamiento).
- Colocar y bascular el bidón.
- Poder identificar que el bidón está vacío.
- Vaciar el catalizador restante pegado al fondo del bidón.
- Salir y volver a cerrar el bidón, recolocar la herramienta en su sitio.
- Informar a la sala de control de la realización de la operación.
- Limpiar el producto que se haya caído al suelo.
- Desechar el bidón en un almacén de contenedores vacíos.

Debe poder ser posible realizar estas operaciones **de día, de noche, con lluvia o con nieve.** Pueden ser realizadas por un operario pequeño o grande, joven o mayor, con gafas… El grado de urgencia de la operación y los márgenes temporales de maniobra deben precisarse. Las soluciones adoptadas deben integrar el hecho de que el catalizador es altamente tóxico (operario con una bata desechable sobre el mono de trabajo, máscara, gafas protectoras, guantes, etc.).

Este inventario de las situaciones de explotación se hará a partir de tres fuentes:

- El conocimiento de las opciones técnicas que se están estudiando.
- El análisis de las situaciones actuales en la instalación afectada por el proyecto (véanse los detalles en el capítulo 5).
- El análisis de situaciones existentes en instalaciones que emplean soluciones similares a las que se están estudiando.

Los métodos correspondientes se detallan en el capítulo 5, epígrafe 5.3.

La explicitación de las situaciones de explotación permitirá producir «referencias para el diseño» (véase capítulo 5, 5.4) que alimentarán los pliegos de condiciones. Posteriormente, servirá para dirigir los escenarios de simulación, que se utilizarán para poner a prueba las hipótesis técnicas y organizativas.

Estas situaciones de explotación también se utilizarán en los análisis de riesgos.

Puede llevarse a cabo una primera serie de simulaciones durante los estudios básicos para informar la decisión entre grandes opciones técnicas u organizativas. La mayor parte de ellas se desarrollarán durante los estudios detallados, para poner a prueba las soluciones propuestas y, en caso necesario, corregirlas antes de su implantación.

4.2.3 Estudios detallados

A medida que los diseñadores van proponiendo soluciones técnicas y las hipótesis organizativas se precisan, es posible realizar **simulaciones** de la actividad humana que será necesaria para hacerlas funcionar o mantenerlas, detectar dificultades probables y permitir su corrección desde la fase de planificación.

La realización de estas simulaciones supone la participación de operarios y supervisores de explotación. Contribuye a que estos descubran la futura instalación y, por tanto, a que se formen. El desarrollo se detallará en el capítulo 5.

Durante esta fase, los especialistas en FHO contribuirán igualmente a la preparación de la obra y del arranque.

4.2.4 Obra

A medida que las nuevas instalaciones se construyen, es posible realizar simulaciones a escala real (materiales en parada) de la realización de ciertas operaciones. Estas simulaciones permiten ajustar ciertas configuraciones (añadido de plataformas, pasarelas, asas, etiquetas…). También contribuyen a descubrir las instalaciones y a formar a los operarios. Las visitas a los constructores podrán permitir conocer determinados subconjuntos importantes.

4.2.5 Pruebas y ensayos

La participación de los operarios en las pruebas y ensayos contribuye a que se hagan con la instalación. Puede requerir disposiciones contractuales con los proveedores que tienen la responsabilidad jurídica de la entrada en servicio.

4.2.6 Arranque, evaluación del proyecto y paso a la explotación ordinaria

El capítulo 8 incidirá en la importancia de una presencia de FHO en el momento del arranque y evocará la evaluación del proyecto y el acompañamiento del paso del modo proyecto al modo de explotación normal.

La tabla 4.1 resume las principales contribuciones de los FHO posibles a lo largo del proyecto.

Etapas técnicas	Contribución FHO
Anteproyecto	Enriquecimiento de los objetivos
	Detección de necesidades
	Definición de conceptos y principios directores de la explotación
	Encuadre de la estrategia FHO
	Integración de los FHO en el programa funcional
Estudios básicos	Análisis de situaciones existentes: • Explicitación de situaciones de explotación futura
	Establecimiento de referencias para el diseño
Estudios detallados	Simulaciones técnicas y organizativas
	Establecimiento de referencias para el diseño
	Preparación para la construcción
Construcción	Simulaciones a escala real
	Preparación del arranque
Arranque	Evaluación del arranque
	Nominal
Funcionamiento	Evaluación de uso
	REX del proyecto

Tabla 4.1: Contribuciones de los FHO a las diferentes etapas

A continuación, en el capítulo 5 se detallarán los métodos que se pueden emplear en cada una de estas fases.

5

Métodos de intervención FHO en un proyecto

En pocas palabras

La estrategia FHO se basa en la coordinación de dos métodos principales:

- El análisis en profundidad del trabajo realizado en situaciones existentes pertinentes para el proyecto.
- La simulación de la actividad humana futura susceptible de derivarse de las decisiones de diseño.

Los especialistas en FHO proporcionarán a los diseñadores «referencias» para mejorar el diseño en consonancia con las decisiones de diseño que se tomen en cada etapa.

Toda la estrategia FHO en el diseño converge hacia la realización de simulaciones del trabajo futuro. El camino que se ha de recorrer a lo largo de la intervención consiste en recabar suficiente información sobre el trabajo actual en las unidades existentes y sobre las soluciones técnicas y organizativas que se están diseñando para poder anticipar el trabajo futuro, identificar las dificultades probables e influir en el diseño en base a las mismas.

5.1 Conocimiento del proyecto

La primera tarea de todo especialista en FHO en un proyecto de diseño es conocer con precisión la organización del mismo:

- Objetivos del proyecto.
- Encuadre general de la estrategia de FHO.
- Estructuración entre la entidad promotora y la dirección de obra, organización del equipo de proyecto.
- Planificación y estado de avance.
- Estado de avance de las soluciones de diseño.
- Herramientas y soportes utilizados (por ejemplo, diagramas de bloque, planos globales, planos acotados, diagramas de tuberías e instrumentación, representaciones en 3D, etc.).

El especialista en FHO que no posea formación técnica deberá dotarse de los medios necesarios para comprender los procesos y técnicas en cuestión, sin por ello convertirse en un experto técnico.

5.2 Análisis de las situaciones existentes

La base de toda estrategia de factores humanos reside en que el trabajo humano nunca puede describirse como la mera ejecución de procedimientos prescritos[34]:

- Los operarios tienen que gestionar numerosas formas de variabilidad, numerosas desviaciones entre la situación real y la prevista por los procedimientos.
- Lo hacen movilizando su cuerpo, su inteligencia, su experiencia y la de los colectivos a los que pertenecen.
- El rendimiento obtenido no evidencia el coste humano que ha sido necesario para alcanzarlo.

El REX y el análisis de las situaciones existentes pretenden identificar estas dimensiones del trabajo que no aparecen en la simple lectura de las fichas de función o de los procedimientos.

5.2.1 Varios tipos de «situaciones de referencia»

En el caso de un proyecto de diseño, puede ser útil analizar varias situaciones «de referencia»[35]:

- Las unidades actuales, que el proyecto pretende modernizar, reagrupar, ampliar o trasladar.
- Otras unidades, eventualmente en otras instalaciones, que presentan características similares a las que el proyecto pretende introducir.

El primer caso no plantea, por lo general, problemas de acceso. La segunda familia de situaciones podrá implicar otra instalación del mismo grupo, una planta industrial piloto[36] o instalaciones de otra empresa a las que se tiene acceso en el marco de intercambios industriales o por intermediación de un proveedor. Los análisis posibles en este último caso serán, evidentemente, más limitados.

En cualquier caso, el especialista en FHO presentará su misión a los supervisores y equipos correspondientes y obtendrá su consentimiento antes de realizar las observaciones.

5.2.2 Comprensión del trabajo prescrito y análisis de las trazas del funcionamiento a través del REX

Las entrevistas con los supervisores de unidad permitirán descubrir el proceso y la organización del sector, y evocar fases críticas de su funcionamiento. Se completarán con un análisis documental con la finalidad de comprender las tareas prescritas a través de esquemas de proceso, organigramas, notas de organización y fichas de función. Se hará también un análisis de las características de la población (en especial edad y antigüedad, cualificaciones).

A todo ello seguirá un análisis documental sobre las condiciones de funcionamiento de la unidad: informes de producción (volumen y calidad) o mantenimiento, informes de incidentes, accidentología y primeros auxilios, absentismo, cuestiones planteadas por los representantes del personal, etc.

Este análisis documental (REX) tiene como principal finalidad detectar familias de situaciones en las que no se alcanza el rendimiento previsto, o se alcanza a expensas de un coste humano elevado.

---

[34] Véase el cuaderno *Estado del arte* [Danielou *et al.*, 2010].

[35] Este término no significa que se trate de referencias que se desean imitar, sino de situaciones a las que nos remitimos para recabar información. El enfoque en términos de «situaciones de referencia» se distingue de algunas estrategias de *benchmark* cuyo objetivo es detectar además soluciones interesantes e incorporarlas al proyecto sin plantearse la diferencia de contextos que puede conducir al fracaso de esta transposición.

[36] Incluso, en algunos casos, una parte de la instalación reconstruida experimentalmente.

Esta fase no requiere profundas competencias en ergonomía-factores humanos y puede compartirse dentro del equipo de proyecto.

5.2.3 Comprensión de la actividad real

El principal método de análisis FHO se basa en la observación de la actividad. El especialista en FHO observará, en períodos suficientemente prolongados, el trabajo de las diferentes categorías de operarios[37] en la sala de control y sobre el terreno. Este análisis de la actividad no tiene por objetivo evaluar su conformidad con los procedimientos prescritos, sino comprender las variabilidades que los operarios deben gestionar, la elaboración de sus modos operativos, las colaboraciones entre operarios y las eventuales fuentes de coste humano. Se trata sobre todo de identificar los factores que condicionan la eficacia de las operaciones, cuáles generan costes humanos, riesgos de error, perjuicios sobre el rendimiento… La observación se completa con entrevistas con las personas implicadas, que podrán centrarse en las situaciones observadas y en otras que se producen con menor frecuencia. Las conclusiones se validarán con las personas observadas. Estos métodos requieren competencias precisas en el análisis ergonómico del trabajo.

5.3 Inventario de las «situaciones de explotación»

A partir de la observación de las situaciones existentes mencionadas más arriba, y del conocimiento de las soluciones técnicas y organizativas, e implicando a los responsables de la explotación y a los miembros del equipo de proyecto, es posible realizar una primera enumeración de las principales «situaciones de explotación» observadas en las situaciones existentes y susceptibles de producirse en el futuro sistema:

- Intervenciones en el funcionamiento normal, incluidas las estrategias de supervisión, la organización de turnos o rondas, el aprovisionamiento de materias primas, la toma de muestras para control o análisis, el traslado y la evacuación de productos, la limpieza regular y la gestión de desechos.
- Operaciones transitorias (arranques, cambios de producto, paradas de mantenimiento, traslado de productos…).
- Tratamiento de incidentes frecuentes o críticos (desconexión, pérdida de fluidos), operaciones que requieren la presencia de varios operarios.
- Sincronización y coordinación entre los miembros del equipo de dirección en sala y sobre el terreno con el equipo de mantenimiento y con otras unidades.
- Clausura/consignación antes del mantenimiento.
- Operaciones de mantenimiento frecuentes o críticas: gestión de la interlocución con los prestatarios (solicitudes de obra, permisos de obra, recepción de obra…).

Los factores que influyen en la realización de las tareas en estas situaciones también se mencionan: operación diurna o nocturna, inclemencias climáticas, influencia del estado de resto de las instalaciones… Se trata de identificar las invariantes del tratamiento de estas situaciones, pero también los factores de variación.

Este inventario de situaciones debe someterse a debate con los responsables de explotación y el equipo de proyecto.

[37] Para lo que necesitará las habilitaciones correspondientes.

Los modos de funcionamiento-parada

Es particularmente crucial que haya acuerdo entre el equipo de proyecto y los responsables de la explotación, automatismos e instrumentación sobre el inventario de los equipamientos críticos y sobre las estrategias que se implantarán para garantizar el arranque, parada, corte de suministro, etc. de estos equipamientos o hacer frente a su falta de disponibilidad.

La elección de las posiciones de seguridad de las válvulas (apertura o cierre en caso de avería en el suministro de aire de instrumentación, por ejemplo) también podrá ser producto de este inventario.

También se revisarán los modos de clausura o consignación de los dispositivos.

Entre estas situaciones, se identificarán las de carácter crítico para la seguridad industrial («tareas críticas»).

Tras ser validado, este inventario se convertirá en una referencia común, que servirá de base para reflexionar sobre las soluciones planteadas.

5.4 Referencias FHO para el diseño técnico

A partir de la información sobre el proyecto y el análisis de las situaciones existentes es posible redactar unas «referencias FHO para el diseño» que alimenten la reflexión de la DO y/o los pliegos de condiciones.

Algunas de estas referencias FHO para el diseño tienen una validez más general (por ejemplo, normas dimensionales, algunas especificaciones de diseño de IHM), mientras que otras están específicamente vinculadas a la naturaleza de las situaciones de explotación que se han identificado.

Así, se pueden transmitir tres grandes tipos de datos a la DO (tras su validación por parte del JPPO).

5.4.1 Explicitación de las situaciones de explotación

La lista de situaciones de explotación y de sus características que se ha establecido debe transmitirse a todos los diseñadores: de este modo, durante el diseño de cada parte de la instalación, la reflexión podrá centrarse en todas las operaciones realizadas en la zona. Los diseñadores podrán pensar desde el principio en la accesibilidad para cada operación y en soluciones que limiten la dureza del trabajo y favorezcan la seguridad personal en la realización de las tareas.

Las situaciones así inventariadas serán tanto situaciones de explotación recurrentes y normales como situaciones en condiciones degradadas y situaciones críticas. Algunas de estas situaciones podrán ser genéricas (por ejemplo, todas las tomas de muestras), y otras serán específicas (un incidente particular).

La información transmitida alerta a los diseñadores sobre la necesidad de tener en cuenta otras operaciones además del funcionamiento normal, y de plantear una serie de cuestiones para cada una de ellas (ver cuadro siguiente).

Las situaciones que presentan un carácter crítico para la seguridad se identificarán como tales, en particular en lo relativo a la manipulación de piezas sensibles (priorización de las válvulas, por ejemplo).

Estas informaciones sobre las situaciones de explotación que hay que tener en cuenta **no son óbice para las soluciones** que los diseñadores encuentren para favorecerlas.

Para cada operación a realizar

Características generales de la operación

- Objetivos.
- Exigencias temporales de la operación.
- Situación geográfica, naturaleza del entorno, espacio disponible, inclemencias climáticas.

Dimensiones físicas de la operación

- Accesorios (naturaleza, peso).
- Necesidad de posar accesorios durante la operación.
- Vestimenta utilizada por el operario (EPI).
- ¿Qué esfuerzos hay que realizar? ¿Cuáles son las posturas deseables, teniendo en cuenta la naturaleza de la operación? ¿Cuáles son los desplazamientos?
- Exigencias de precisión.

Dimensiones cognitivas y colectivas

- ¿Cómo se identifica con certeza el dispositivo correspondiente?
- ¿Qué es necesario ver? ¿Qué es necesario esperar, tocar, accionar?
- ¿Con quién es necesario comunicarse? ¿Qué informaciones es necesario recibir? ¿Qué informaciones es necesario transmitir? ¿De qué forma?
- ¿Qué datos hay que conservar en la memoria?
- ¿Qué colaboraciones son necesarias? ¿Con quién hay que sincronizarse?
- ¿Cómo se puede controlar el resultado de la operación?
- ¿Qué incidentes son susceptibles de producirse? ¿Cómo se perciben? ¿Cómo se resuelven?

Riesgos

- ¿A qué riesgos nos exponemos? Sustancias tóxicas, ruido, calor, riesgos del proceso…

5.4.2 Especificaciones ergonómicas

En algunos temas, los conocimientos en ergonomía son lo bastante precisos como para poder ponerles objetivos normativos a los diseñadores. Se tratará, por ejemplo, de:

- Especificaciones antropométricas (dimensiones del cuerpo humano) y sus consecuencias sobre las dimensiones de las piezas, escaleras, etc.
- Esfuerzos máximos para la manipulación de un mando o para soportar cargas.
- Iluminación.
- Niveles sonoros aceptables.
- Exposición a factores de riesgo físico-químicos.
- Algunas características de las IHM, en especial de presentación de información sobre el estado de la instalación.
- Objetos de diseño para los que existen estándares de empresa, sucursal, etc. (por ejemplo, pasarelas, escaleras, válvulas)[38].

[38] Los explotadores se implicarán en la determinación de las derivaciones y tomas de muestras necesarias.

Otras especificaciones pueden dirigirse a garantizar la homogeneidad con el resto de la instalación existente: estándares de denominación o numeración, uso de colores, etiquetado, etc.

En algunos temas la especificación no impone únicamente criterios que hay que respetar, sino una serie de cuestiones que hay que plantearse.

Ejemplo: para cada válvula

- Situación en la unidad, alejamiento con respecto al dispositivo alimentado.
- Uso (¿Regular? ¿Progresivo o todo o nada? ¿Materia líquida? ¿Ácido?).
- Entorno (calor, proyecciones).
- ¿Vestimenta especial?
- Identificación, graduación.
- Grado de urgencia de la maniobra. Duración de la maniobra.
- Posición y orientación del volante. Tipo y diámetro del volante. Esfuerzo de rotación.
- Posición de los indicadores de resultado de la maniobra.
- Necesidades de comunicación durante la maniobra.
- Postura durante la maniobra (pies, ojos).
- Accesibilidad para cuidado y mantenimiento, engrasado, desmontaje.
- Modalidad de clausura/consignación.

El objetivo de estos análisis es fomentar una vigilancia FHO distribuida entre todo el equipo de diseño: si, durante la instalación de cada válvula, el diseñador dedica unos minutos a plantearse estas cuestiones, los problemas detectados durante las simulaciones serán mucho menos numerosos y más fáciles de resolver.

5.4.3 Prever las necesidades posteriores de la estrategia FHO

Durante la redacción de los pliegos de condiciones, es importante indicar a los proveedores las prestaciones que se esperarán posteriormente de ellos por exigencias de la estrategia FHO. Puede tratarse, por ejemplo, de:

- Interacciones regulares entre los diseñadores y los especialistas en FHO para garantizar la adecuada consideración de las indicaciones de diseño.
- Entrega de planos o maquetas.
- Presencia del proveedor en determinadas reuniones.
- Manuales de uso de determinados materiales (especificando la lengua).
- Visitas a la empresa proveedora durante el montaje de los materiales.
- Participación del proveedor en determinadas sesiones de formación.
- Exigencias FHO para la preparación de la obra.
- Formas de su presencia en el momento del arranque.

Todas las prestaciones mencionadas en el pliego de condiciones están incluidas en el presupuesto presentado por el proveedor en el concurso de licitación. Por el contrario, si, por necesidades de la estrategia FHO, algunas de estas necesidades se expresan de forma tardía, es probable que el proveedor las facture aparte... Más vale prever todas las etapas de la estrategia FHO desde esta fase.

5.5 Simulaciones de la actividad futura

La estrategia FHO en materia de diseño se basa en la combinación de dos dinámicas: por un lado, el análisis de la actividad en las situaciones existentes, por el otro, las simulaciones de la actividad futura.

Estas últimas pretenden poner a prueba las soluciones técnicas y organizativas previstas a partir de la pregunta «Si optamos por estas soluciones, ¿cómo vamos a realizar las operaciones de explotación? ¿Qué problemas puede plantear esto? ¿Qué tipo de soluciones podemos plantearnos?»

Evidentemente, estas simulaciones deben planificarse en función del calendario del diseño técnico.

5.5.1 Diferentes niveles de cuestionamiento

La realización de simulaciones detalladas de las situaciones de explotación es una operación relativamente pesada que debe planificarse cuidadosamente con respecto a los estudios técnicos para que estos últimos puedan integrar los resultados de las simulaciones sin que ello retrase el desarrollo del diseño.

De hecho, podemos recurrir a varios niveles de cuestionamiento para asegurarnos de que las soluciones diseñadas serán explotables:

Revisiones *what if* entre equipo de proyecto, responsables de explotación, de automatismo, etc. y especialista en FHO, que no constituyen simulaciones de la actividad humana, pero permiten confrontar las soluciones previstas y las estrategias de explotación posibles para las principales situaciones críticas: «si las dos bombas principales se paran, ¿se sigue con la bomba de emergencia o se para la instalación?». Estas revisiones permiten fijar estrategias de explotación aceptadas por todos, detectar la necesidad de añadir automatismos o de modificar determinados equipamientos, identificar la importancia de la formación o de procedimientos específicos, etc.

Presimulaciones expertas de «depuración» con la participación de los diseñadores correspondientes, un especialista en FHO y un explotador: el diseñador explica el funcionamiento previsto y las preguntas del especialista en FHO y del explotador permiten detectar y corregir los obstáculos principales.

Simulaciones detalladas de la actividad futura que describimos a continuación.

5.5.2 Simulaciones progresivas e iterativas

En el curso de los estudios básicos y al inicio de los estudios detallados, las simulaciones se centran en las grandes opciones técnicas y organizativas: composición de los equipos y reparto de funciones, instalación de los materiales principales, flujo de productos, desechos, circulación de las personas y de los vehículos, instalación y configuración de la sala de control…

A medida que los estudios detallados vayan avanzando, las simulaciones se interesarán por aspectos más precisos, como la accesibilidad y el diseño en detalle de determinadas zonas o materiales, la presentación de la información en pantalla o las consolas descentralizadas…

Cuando una simulación evidencia problemas que requieren un replanteamiento de los estudios, la nueva solución será objeto de una nueva simulación para verificar que el tratamiento de un problema no ha generado como efecto secundario nuevas dificultades en otro punto.

Si se modifican opciones de diseño significativas durante los estudios, deberá verificarse de nuevo la coherencia del conjunto retomando simulaciones más globales.

5.5.3 Los dos grandes tipos de simulación

Existen dos grandes tipos de simulación de la actividad futura.

Las simulaciones experimentales a escala real

En algunos casos existe una prefiguración a escala real de una parte de la instalación: maqueta de madera o cartón a escala 1, prototipo o simulador a escala real. Puede tratarse de una planta piloto o de un simulador de los medios de dirección (sala de control, etc.). La simulación consiste entonces en «escenificar» las situaciones seleccionadas, observar y analizar la actividad llevada a la práctica: trabajadores reales realizando una actividad real en un dispositivo «casi real». Este método se utiliza, por ejemplo, en el diseño de las salas de control de los reactores nucleares, en el diseño de nuevas organizaciones del tráfico aéreo o en las cabinas de control de los materiales de transporte. Por el momento, es poco frecuente en las industrias química y petroquímica.

Utilización de un simulador a escala real

El simulador a escala real puede ser un medio para poner a prueba el reparto de tareas, la organización de las operaciones y la disposición del espacio en un local (célula de crisis, sala de control, sala de administración de primeros auxilios…) reconstruyendo a tamaño natural las características principales de la estancia. Los medios técnicos asociados (informática, medios de comunicación) pueden aproximarse más o menos a su versión definitiva. El simulador debe diseñarse para que las condiciones ambientales se aproximen a la futura realidad (iluminación, sin interferencias sonoras) y, sobre todo, que los observadores puedan situarse fuera de las zonas de trabajo.

La preparación de la simulación implica seleccionar y formar a operarios representativos de la población futura, empleando formadores que posean una adecuada comprensión del futuro sistema. Debe establecerse una documentación provisional.

Los escenarios se preparan con una gran atención al detalle. Durante el desarrollo de la simulación, un instructor «inyecta» elementos de contexto en tiempo real (una nueva alerta, un cambio meteorológico…).

La información recabada durante la experimentación se centra en la actividad de los operarios en tiempo real, pero también en su percepción de la misma (cuestionarios o entrevistas individuales, reunión para hacer balance colectivo). Se tratan para evaluar:

- La eficacia del sistema simulado (su capacidad para alcanzar los objetivos).
- Su eficiencia (los recursos que se han tenido que emplear para alcanzar los objetivos y los tipos de costes humanos y económicos asociados).
- Puntos débiles (incomprensión, riesgo de errores…).

Las simulaciones orales con apoyo de una maqueta a escala reducida

A falta de una simulación a escala real, la actividad futura deberá abordarse a partir de elementos de apoyo a escala reducida: planos, maquetas… La simulación consiste entonces en describir oralmente la actividad futura de los operarios, representados en la maqueta por «avatares» (por ejemplo, figuras a escala) que escenifican distintas actividades [Van Belleghem, 2012][39]. El especialista en FHO debe disponer de competencias que le permitan controlar la verosimilitud del relato así construido.

[39] La representación de los operarios mediante avatares tiene por objeto que puedan realizar la simulación en primera persona «yo hago esto» en lugar de utilizar una fórmula impersonal: «habrá que hacer esto».

5.5.4 «Ingredientes» de la realización de simulaciones

Para poder llevar a cabo simulaciones sobre la actividad futura, deben reunirse cuatro «ingredientes».

Un acuerdo social

No es posible hacer participar a los operarios en reuniones de simulación sin haber presentado previamente toda la estrategia a las instancias representativas del personal, a los supervisores y a los equipos del sector en cuestión.

Los participantes

Es necesario que los participantes en la simulación posean tres tipos de competencias:

- Capacidad para describir el sistema futuro tal como está previsto actualmente, correspondiente a uno o varios miembros del equipo de diseño (equipo de proyecto, dirección de obra, proveedor).
- Experiencia en situaciones similares a las que se desarrollarán en el futuro sistema, correspondiente a los explotadores (operarios y supervisores de proximidad).
- En algunos proyectos, competencias relativas a los riesgos específicos y a su prevención.
- Competencia para dirigir la simulación, correspondiente al especialista en FHO del proyecto, que es el garante del método, uno de los poseedores de conocimiento sobre las situaciones existentes, con capacidad de vigilancia, análisis e información sobre el desarrollo de la simulación.

Con respecto a la representación de los explotadores, pueden darse varias situaciones:

- Puede suceder que, al inicio del proyecto, la entidad promotora no esté muy segura de la viabilidad de las primeras hipótesis organizativas que se plantea. Puede desear que se haga una primera serie de simulaciones «de desbroce» solamente con los supervisores de la explotación para realizar a continuación simulaciones más detalladas con los equipos sobre hipótesis «presentables».
- Si, como es deseable, los futuros operarios y los supervisores de proximidad de la futura unidad, o al menos una parte de ellos ya se conocen, es con ellos con quienes deben realizarse las simulaciones: contribuirán de forma más efectiva al descubrimiento de la futura instalación y su formación. Si no es así, se elegirá a operarios que posean competencias similares a las que se requerirán en la futura unidad.

  La selección de los operarios se hace en dos fases:

  - Definición de los perfiles de competencias necesarios (por ejemplo, un operario de sala de control, un operario exterior habilitado para determinada instalación, un jefe de turno, un encargado de mantenimiento…).
  - Petición de voluntarios tras informar a los equipos sobre la estrategia.

Los grupos no deberán componerse de más de ocho o diez personas. Varios grupos de trabajo pueden encargarse de explorar en paralelo varios aspectos de diseño, a condición de que miembros comunes velen por la coherencia del conjunto.

Es necesario planificar con mucha antelación para permitir una adecuada gestión de las sustituciones de los trabajadores asignados pero también la coordinación con respecto a los fallos de diseño.

Los soportes de simulación

No es posible realizar simulaciones de la actividad futura si el futuro sistema no se representa en sus dimensiones técnicas y organizativas.

- La futura organización se representa en forma de hipótesis organizativas (organigrama y definición de las funciones previstas).
- El sistema técnico puede representarse a través de distintos soportes que no tienen las mismas propiedades para la simulación de la actividad futura.

  - Son necesarios unos planos globales para representar la ubicación de los distintos materiales. En ocasiones son muy difíciles de leer para personas no especializadas en diseño.
  - Las representaciones tridimensionales[40] permiten una mejor comprensión de la configuración de las instalaciones por parte de los explotadores. Por tanto, son muy útiles, pero a menudo difíciles de utilizar como soporte de simulación en la medida en que es difícil de «meter» en ellas a los «avatares» que representan a los operarios y las herramientas. Algunos programas de diseño asistido por ordenador (CAD) permiten integrar figuras humanas sobre la representación, pero hay que desconfiar de la extrema flexibilidad de las articulaciones y la columna vertebral de estas figuras informáticas que realizan proezas de contorsionismo no recomendadas para operarios de explotación. Por otra parte, modificar los datos de CAD en tiempo real no es sencillo, lo que impone el filtro de un técnico competente que pueda introducir en el programa las sugerencias de los participantes.
  - En ocasiones se utilizan representaciones de realidad virtual. También son un buen soporte para la comprensión, pero hay que ser muy prudente en su utilización como soporte de simulación. En la mayor parte de los programas la detección de las interferencias y de los cruces de cuerpos[41] todavía es aproximativa.
  - Las maquetas físicas a escala reducida son un soporte de simulación excelente. Son fáciles de hacer para la sala de control[42] o para una zona particular de la instalación que presente problemas particulares. Para las grandes instalaciones de producción, una maqueta física detallada de todo el conjunto es de realización compleja y coste elevado. Solo sería utilizable para la estrategia FHO si ya estuviese hecha con otros objetivos para el equipo de diseño o para la formación.
  - Las maquetas físicas a escala real pueden ser necesarias para una zona concreta de gran complejidad. No suele ser necesario que sean sofisticadas: un poco de maña con unos trozos de cartón, madera y algunas tuberías a menudo permiten detectar problemas invisibles sobre los planos o despejar una duda.
  - Se puede hacer un prototipo cuando se utilice un material especial en un gran número de ejemplares.
  - Se pueden hacer maquetas informáticas (vistas en pantalla) antes de realizar la programación.

Esta lista de soportes no es, ni mucho menos, limitativa: la elección del soporte debe adaptarse a la fase de diseño y al objetivo de la simulación.

Aparte del soporte principal de la simulación, es necesario prever «avatares» que representen a escala a los operarios, vehículos, determinadas herramientas u objetos de trabajo (por ejemplo, un bidón, una máquina móvil).

[40] En el caso de la modificación de instalaciones existentes, la técnica consistente en superponer de forma rigurosa vistas de la instalación existente y diagramas CAD resulta especialmente útil.

[41] Situación en la que, en realidad virtual, un objeto atraviesa a otro (sin ser detectado).

[42] Para la estrategia de FHO una buena maqueta no es una maqueta bonita, como las que a veces hacen los arquitectos; estas son totalmente fijas y no permiten la dinámica de la simulación («¿y si movemos esto?»). Una maqueta en cartón pluma con los materiales representados en espuma de poliuretano será menos estética, pero mucho más flexible.

Los escenarios de simulación

Evidentemente, no es posible simular todas las situaciones susceptibles de producirse en la futura instalación. Debe seleccionarse un número limitado de escenarios que se consideren representativos tras debatirlo dentro del grupo de trabajo.

Con respecto al examen de las grandes opciones técnicas y organizativas, son necesarios, por lo general, varios tipos de escenarios:

- Escenarios relativos a las operaciones cotidianas básicas (por ejemplo, realización de rondas, firma de permisos de trabajo...).
- Escenarios relativos a operaciones periódicas que presentan alguna dificultad (arranque, cambio de producto, intervenciones de mantenimiento periódicas...).
- Escenarios relativos a incidentes frecuentes o críticos.
- Escenarios muy poco frecuentes (mantenimiento pesado, cambio de equipamientos o dispositivos de almacenamiento de productos, mejora de gama de automatismos...) que no habrán vivido los equipos pero son propuestos por los expertos.

Cuando se trate de la puesta a punto de una zona o un material, los escenarios se centrarán en las operaciones principales realizadas en dicha zona.

Los escenarios se extraen del inventario de «situaciones de explotación» efectuado anteriormente, pero para facilitar la puesta en escena, el guión será más concreto que la descripción de la situación de explotación.

Por ejemplo

Si nos interesa la situación de explotación «pérdida del sistema de vapor», el escenario podrá redactarse de la siguiente manera: «Imaginemos que es sábado, son las 5.30 h, la instalación está en tal estado con tal tipo de producto, el sistema de vapor se activa». Esta formulación «apelará» inmediatamente a los distintos participantes, que podrán imaginar una situación concreta y no un tipo de situaciones. Es posible, además, que propongan especificar aún más la situación con factores agravantes: «podríamos decir que el viento sopla del sudeste, de manera que los posibles vertidos caerían sobre la ciudad».

5.5.5 El desarrollo de la simulación

En el caso de una simulación experimental a escala real, los operarios «interpretarán» el escenario y se observará su actividad. Si se trata de una simulación oral, se tratará de describir el conjunto de actividades susceptibles de desarrollase en el tiempo y el espacio.

Representación del desarrollo en el tiempo

Hora	9:10	9:15	9:20	9:25	9:30	9:35	9:40
Operario 1	Válvula A	Bomba D		Válvulas L, M			Válvula A
Operario 2	Bomba B		Válvulas E y F		Bomba B		Válvula E
Operario 3	Válvula C		Bomba G	Válvulas H, I, J, K		Válvula N	Válvula C

Tabla 5.1: Simulación del desarrollo temporal de una actividad

La tabla 5.1 representa un ejemplo de desarrollo de una operación que moviliza a tres operarios, que deben, en un momento dado, estar disponibles al mismo tiempo para efectuar una operación conjunta en la válvula N.

Antes de plasmarlo en una hoja de cálculo, un desarrollo temporal como este puede representarse fácilmente en un tablero con imanes o notas autoadhesivas.

La estimación del desarrollo temporal se basa a veces en los datos técnicos del proceso, en la evaluación de los tiempos de desplazamiento a partir de los planos y en la consideración de la dureza de determinadas operaciones (válvulas que exigen un esfuerzo importante, etc.). Deben incluirse los tiempos de comunicación, a veces sustanciales.

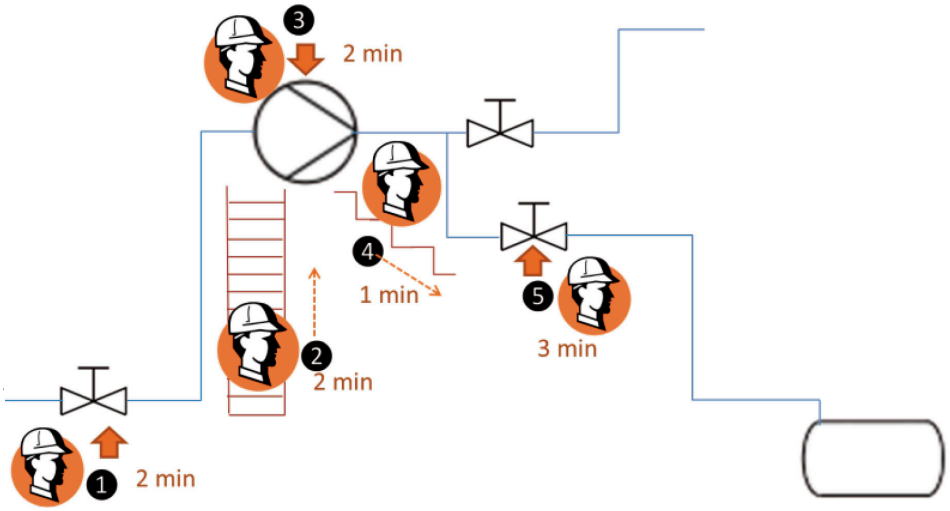


FIGURA 5.1: *Estimación de la duración de una operación*

Representación espacial del desarrollo

En algunos casos, la actividad es estática (por ejemplo, delante de las pantallas de la sala de control) y la finalidad de la simulación espacial es verificar las dimensiones y posturas. Pero en otros casos la realización de la actividad implica un desplazamiento del operario, representado por el desplazamiento de un «avatar» sobre el plano o la maqueta. En estos casos es útil que el avatar sea desplazado por el operario real que representa la función simulada y que vaya describiendo el desarrollo de la operación («compruebo la presión; cierro la válvula; subo a la plataforma; paro la bomba…»).

Control de la verosimilitud del relato

A medida que se describe la operación, los distintos participantes efectúan un cuádruple control de su verosimilitud:

- **Continuidad en el espacio y en el tiempo:** si la descripción es «hago esto en A y luego hago esto en B», hay que preguntarse por el camino entre A y B; si un operario declara «coger la llave de la válvula», hay que comprobar el emplazamiento previsto de la misma; si el operador afirma «cierro la válvula de descarga», uno de los participantes puede observar «espera, no nos has dicho que la habías abierto».
- **Compatibilidad con las reglas de explotación:** «no, no se puede encender esa bomba antes de…».
- **Consideración de todas las operaciones de tratamiento de la información:** por ejemplo, comprobar un nivel antes de operar sobre una válvula, controlar el resultado de una acción.
- **Verosimilitud con respecto a las propiedades perceptivas y fisiológicas humanas:** dos operarios no pueden intercambiar informaciones orales a dos metros el uno del otro en un entorno ruidoso en el que tienen que llevar tapones en los oídos… Un operario no puede leer caracteres de 15 mm de alto en un tablón situado a 5 m…

Puntos de vigilancia

Durante el relato del desarrollo de la operación, varios aspectos serán objeto de especial vigilancia:

- **La disponibilidad de la información:** ¿cómo sabe el operario que debe iniciar una operación? ¿Que esta ha llegado a término? Por ejemplo si: «cuando el tanque está lleno, el operario cierra la válvula», ¿cómo sabe él que el tanque está lleno? ¿Está disponible la información cerca de la válvula? ¿Tiene que llamar a la sala de control?
- **Las ambigüedades y riesgos de error:** cuando dispositivos o tanques similares se encuentran cerca los unos de los otros, con denominaciones parecidas, ¿qué elementos de referencia permiten distinguirlos? Cuando un sistema de tuberías y válvulas permite establecer un gran número de conexiones diferentes, ¿qué indicios permiten comprobar que se ha hecho la conexión adecuada?
- **La penosidad y la exposición a peligros:** multiplicidad de subidas y bajadas de escaleras de mano o fijas para una misma operación, manipulación de válvulas pesadas, levantamiento de cargas, mantenimiento prolongado en una zona que exige llevar EPI incómodos, aislamiento prolongado de un trabajador, presencia en zonas muy sucias…
- **Las posibles consecuencias de sucesos previsibles** y en especial de la indisponibilidad de un material crítico: si la seguridad de una operación depende por completo de un contacto por radio, ¿qué sucede en caso de avería de la radio? El razonamiento es aquí equivalente al de las *what-if reviews.*

Con bastante frecuencia, al mismo tiempo que la simulación explicita el desarrollo de la actividad humana, los especialistas del proceso presentes detectan exigencias técnicas: en caso de falta de aire de instrumentación, ¿la válvula tiene que quedar abierta o cerrada? Si determinado sensor falla, ¿hay algún modo de darse cuenta?

5.5.6 Resultados de la simulación

La simulación tiene el objetivo de detectar eventuales dificultades en una fase del diseño en la que las modificaciones pueden hacerse sobre plano, antes de la realización. Puede desembocar en varios tipos de resultados:

- En algunos casos confirma que las soluciones previstas deberían permitir un desarrollo fácil de la operación.
- En otros casos, evidencia posibles dificultades, pero se encuentran soluciones sencillas, que a los diseñadores implicados les parecen aceptables, y no entrañan un sobrecoste significativo (ampliación limitada de una plataforma, desplazamiento de una escalera, añadido de elementos de referencia…), así, podrán rectificarse sobre la marcha, sin requerir el aval de autoridades superiores.
- A veces se barajan soluciones que son susceptibles de conllevar un sobrecoste; en este caso será necesaria alguna validación, por ejemplo, del JPPO.
- Finalmente, en algunos casos, las simulaciones revelan un problema serio, que exige que se replanteen los estudios. Posteriormente se llevará a cabo una nueva simulación tras modificar la solución.

Comunicación de los resultados

Los resultados sintéticos de las simulaciones se comunicarán rápidamente:

- A todos los participantes del grupo de trabajo.
- Al jefe de proyecto.
- A la entidad promotora, al menos cuando sean necesarios arbitrajes.
- A los diseñadores correspondientes.
- A los responsables de la explotación.

Se presentarán periódicamente resúmenes de las soluciones a las instancias representativas del personal y a los equipos correspondientes.

Trazabilidad de los resultados de las simulaciones

Es importante que quede constancia de las sucesivas etapas de las simulaciones y de sus resultados:

- Para comprobar la adecuada integración posterior en las decisiones de diseño.
- Para alimentar la posterior iteración de la simulación tras la modificación de los planos.
- Pero también para poder argumentar las respuestas a los posteriores requerimientos de la autoridad tutelar.

Presentamos a continuación un ejemplo de simulación en el que se ponen a prueba hipótesis organizativas. En los anexos se incluyen otros dos ejemplos: el diseño de la sala de control (anexo A), el diseño de las pantallas de control (anexo B).

5.5.7 Un ejemplo: puesta a prueba de hipótesis organizativas

Se plantean hipótesis organizativas para la nueva unidad, pero la entidad promotora desea asegurarse de que permiten garantizar un funcionamiento seguro y, en particular, que es posible parar la instalación de manera segura en cualquier circunstancia.

Se puede proceder entonces, como hemos indicado, a realizar simulaciones organizativas.

- Los participantes serán, sin duda, en un primer momento, los supervisores de proximidad y miembros del equipo de proyecto. Una vez efectuado un primer «desbroce», podrán afinarse las simulaciones con los operarios.
- Son necesarios dos tipos de soportes:
  - Una descripción de la organización planteada (efectivos, perímetros de las funciones, nivel de cualificación, naturaleza de las habilitaciones…).
  - Una representación de la futura unidad que permita estimar, en especial, los tiempos de realización de las operaciones en cuestión.
- Los primeros escenarios utilizados se centrarán en el funcionamiento cotidiano normal (organización de rondas) y en algunos incidentes decisivos. Si la hipótesis organizativa planteada supera con éxito esta primera prueba, podrá probarse con escenarios más diversos.
- Se pondrá el énfasis en el desarrollo temporal de la actividad colectiva: como en la tabla 5.1, las diversas operaciones realizadas por los distintos operarios para gestionar la situación simulada se representarán temporalmente. Esta representación permite comprobar si, con la organización prevista, es posible realizar todas las operaciones necesarias en plazos compatibles con la seguridad. Demuestra igualmente si las operaciones que requieren la presencia de varios operarios son realizables[43], si es posible que haya momentos de coordinación del equipo, etc.
- Un punto de especial vigilancia será el hecho de no hacer «trabajar» a un mismo operario en dos sitios al mismo tiempo… Es típico, por ejemplo, que en simulaciones de gestión de incendios se cuente a un operario una vez como bombero voluntario que sostiene la manguera y una vez como operario que cierra las válvulas…

[43] Lo que implica que los distintos operarios implicados posean las habilitaciones necesarias, que estén disponibles al mismo tiempo, etc.

- La simulación puede ofrecer distintos resultados:

  - La hipótesis organizativa supera con éxito todas las pruebas a las que ha sido sometida; esto no garantiza que no pueda producirse un día una configuración no prevista, susceptible de poner a la organización en una situación difícil, pero la hipótesis actual puede servir de base para la negociación social, la construcción de planes de formación y puede experimentarse a escala real para el arranque.
  - La simulación evidencia dificultades para la realización de determinadas operaciones, pero parece que estas pueden ser tratadas con soluciones técnicas (motorización de válvulas, control a distancia, añadido de pasarelas, modificación del sistema de extracción de muestras…). A condición de que se realicen estas modificaciones, la hipótesis organizativa parece viable.
  - La hipótesis organizativa se ve socavada por escenarios de explotación realistas. En este caso, debe revisarse: modificación del reparto de tareas, aumento del perímetro de responsabilidad y habilitación de determinados operarios, aumento necesario del efectivo… Se realizará una nueva serie de simulaciones con una hipótesis modificada.

5.5.8 Otros resultados de las simulaciones

El primer resultado de las simulaciones de la actividad futura es evaluar la viabilidad de las soluciones técnicas y organizativas planteadas[44], detectar eventuales problemas y permitir su corrección desde la fase de diseño sin tener que esperar al arranque para intervenir.

Pero la simulación de la actividad futura también produce otros resultados [Barcellini *et al.*, 2013]:

- Permite que los operarios participantes descubran con antelación las instalaciones y procedimientos, contribuyendo así a su formación y a su dominio de la unidad.
- Asimismo, la simulación contribuye a informar a los supervisores de la explotación sobre el proyecto y favorece su reflexión sobre la integración de la nueva unidad.
- Las conversaciones entre operarios y expertos de procesos pueden llevar a la definición de un modo operativo más pertinente que el que se planteaba.
- Los diseñadores descubren exigencias de la actividad en las que no habían pensado que podrán tener en cuenta en las demás soluciones que diseñen.
- La aportación de cada uno de los actores presentes permite un mejor conocimiento mutuo y un reconocimiento recíproco de las competencias de unos y otros; este aprendizaje cruzado a menudo contribuye a una mejora de las relaciones sociales.
- La implicación de los operarios y supervisores en el proyecto podrá servir de base para el desarrollo de un estilo de dirección participativo[45], especialmente en materia de seguridad industrial, en la futura instalación.

Otra serie de efectos indirectos afecta a la preparación de los planes de formación y a la redacción de los procedimientos.

5.5.9 Efectos sobre la formación

En el capítulo 6 abordaremos con mayor detalle sobre la preparación de los planes de formación, pero observamos desde ahora que **la simulación de las operaciones de explotación es un medio de formación muy potente:** efectivamente, no se basa en un aprendizaje pasivo, sino en una exploración activa, por parte de los operarios, de los datos técnicos que les son proporcionados y sobre la búsqueda de una respuesta adaptada a la situación.

[44] Es frecuente que las simulaciones organizativas evidencien la necesidad de modificaciones técnicas para que la organización sea viable: añadido de pasarelas, automatismos, etc.

[45] Véase el cuaderno *Estado del arte*, sección 9.2 [Daniellou *et al.*, 2010] y «Cuestiones para el progreso», capítulo 4 [Daniellou, 2012].

Sin embargo, es raro que todos los futuros equipos de explotación participen en las sesiones de simulación organizadas dentro de un proyecto de diseño. Existe por tanto el riesgo de que quienes han participado adquieran un mayor dominio del futuro sistema que quienes no lo han hecho. Se correría entonces el riesgo de que los «voluntarios» de los grupos de trabajo viesen progresar sus carreras profesionales con mayor rapidez que los demás, cosa que no es el objetivo buscado.

Para evitar este escollo, se pueden utilizar las mismas técnicas de simulación como herramienta pedagógica en las sesiones de formación de todos los equipos. Más que una transmisión magistral de los modos operativos prescritos, los formadores pueden fomentar una búsqueda activa, a partir de los datos técnicos, del modo operativo correcto para llevar a buen puerto una operación. El desarrollo de la misma puede, de nuevo, describirse en el tiempo y el espacio.

5.5.10 Efectos sobre la redacción de los procedimientos

Cuando una operación se ha realizado de punta a cabo, implicando a expertos de proceso, supervisores y operarios de la explotación, el procedimiento correspondiente está casi escrito.

El mismo método puede utilizarse para la redacción de los demás procedimientos, a partir de una descripción espacio-temporal de la realización de las operaciones. Este enfoque contribuye al realismo de los procedimientos y evita, por ejemplo, exigir inconscientemente a un operario subir y bajar varias escaleras para realizar una serie de operaciones que se hubieran podido realizar igualmente en otro orden (los dispositivos cercanos en los esquemas de proceso no necesariamente lo son geográficamente).

6

Formación

En pocas palabras

Las necesidades de formación de los futuros operarios deben preverse con antelación para permitir una adecuada apropiación de la nueva unidad. La formación tiene el objetivo de desarrollar competencias de explotación, lo que supone introducir en la pedagogía formas de «hacer para aprender». La formación de los trabajadores más experimentados debe ser objeto de una reflexión particular.

En este capítulo hablaremos de la formación de los futuros operarios de producción y mantenimiento y de su apropiación de la nueva instalación.

6.1 Preparar para las situaciones futuras

La preparación de un programa de formación requiere responder a tres familias de preguntas:

- ¿Cuáles son las competencias iniciales de las personas que vamos a formar?
- ¿Cuáles son las competencias objetivo que deben poder adquirir?
- ¿Qué métodos pedagógicos se van a emplear para pasar del estado inicial al estado objetivo?

El concepto clave aquí es el de competencia y no el de conocimiento.

Definición

Competencia

Una competencia es la **capacidad para gestionar una familia de situaciones** movilizando diferentes recursos: conocimientos, habilidades físicas, capacidades perceptivas, colaboración con otros, etc.

Un programa de formación no se define a partir de la cuestión «¿qué deberán saber los operarios para cumplir sus nuevas funciones?» sino preguntándose: «¿qué familias de situaciones deberán ser capaces de gestionar?».

Ahora bien, en la estrategia que hemos propuesto hasta aquí, este inventario de situaciones ya se ha efectuado en gran medida, dado que los actores del proyecto han procedido a inventariar las situaciones de explotación futuras (capítulo 5). Es fácil determinar, para cada categoría de operarios, cuales de estas situaciones están relacionadas con sus funciones y establecer así una lista de situaciones-objetivo por función.

La siguiente cuestión consiste en identificar, en cada una de esas situaciones, «¿qué deben ser capaces de hacer los operarios?» (identificar una situación, efectuar una maniobra, controlar un resultado, redactar un informe, indicar una anomalía…).

A continuación, podemos inventariar los diferentes **recursos** que la formación deberá ofrecer, por ejemplo:

- Información sobre los objetivos del proyecto y las exigencias (económicas, técnicas, medioambientales) del buen funcionamiento de la unidad.
- Conocimientos sobre el proceso físico-químico, útiles para identificar una situación o decidir una conducta.
- Medios para hacerse una idea precisa de la futura disposición de la instalación a partir de información actualizada del avance de las soluciones.
- Conocimientos sobre los peligros y los riesgos, pero también maneras de proceder prudentemente para la realización de ciertas operaciones.
- Posibilidad de aprender la realización de operaciones de explotación que no se conocen por experiencia previa.
- Ayuda para la adquisición de competencias de elaboración de informes, detección de riesgos, etc.

6.2 Planificar las acciones de formación

No es deseable que el conjunto del proceso de formación se concentre al final de la fase de estudio, durante la realización de la obra. Una organización progresiva de la formación, desde los estudios detallados, permitirá una mejor interacción entre los elementos adquiridos en la formación y los que provienen de informaciones sobre el avance del proyecto y de la eventual participación en los grupos de trabajo organizados. Este tipo de organización desactiva una serie de temores y reticencias, favorece la aceptación del proyecto, refuerza la confianza de los operarios en sus capacidades y contribuye a la constitución de colectivos de trabajo.

6.3 Hacer para aprender

Las competencias no están «en la cabeza», están «en el cuerpo». Es todo el cuerpo el que debe aprender a hacer frente a las futuras situaciones de explotación. Es imposible construir competencias de intervención únicamente a partir de documentos proyectados y comentados por el formador. Para aprender, hay que hacer. Pero no siempre es posible «hacer» operaciones reales sobre el sistema real, ya sea porque este no está listo, ya sea porque ciertas situaciones son raras y comportan riesgos; y no es cuestión de provocarlas a escala real por necesidades de formación (un incendio en una columna de destilación, por ejemplo).

El equipo de formadores se centrará, pues, en inventar situaciones pedagógicas reducidas que permitan construir poco a poco la competencias requeridas, actuando sobre objetos menos complejos que el sistema completo. Podemos citar, por ejemplo:

- Talleres escuela en los que se reproduce una parte de la instalación para el aprendizaje de operaciones difíciles o críticas.
- Simulaciones sobre maqueta a escala reducida (véase el capítulo 5). En algunos casos, la realización de la maqueta también puede formar parte de la formación.
- Simulaciones sobre maqueta informática.
- Exploración activa de los planos internos de un dispositivo y fabricación de una maqueta sencilla a partir de dichos planos.
- Tareas de montaje/desmontaje.
- Simulaciones a escala real en las instalaciones en fase de montaje (unidad parada).

Esta necesidad de *hacer para aprender* no solo afecta a la adquisición de competencias físicas de intervención sobre las instalaciones. También es cierta para la construcción de

conocimientos teóricos, por ejemplo, físico-químicos. Imaginemos, por ejemplo, que se trata de enseñar que «el agua hierve a 100 ºC a la presión atmosférica normal, a una temperatura más baja si la presión es menor y más alta si la presión es superior». El hecho de que un participante en la formación sepa enunciar o escribir esta frase de memoria no demuestra en absoluto que este conocimiento vaya a ser movilizado en una situación real de trabajo en el que pueda ser útil. Los conocimientos se movilizan, sobre todo, cuando las circunstancias presentes se parecen a las circunstancias en las que fueron adquiridos. Si queremos que este conocimiento «se active» en una situación de trabajo, hay que crear en la formación circunstancias de adquisición que se parezcan a las circunstancias en que este conocimiento deberá ser útil. Por ejemplo, la utilización de una olla a presión transparente a la que se le retira la válvula de escape puede permitir prever la ebullición de un tanque cuya presión baja repentinamente.

6.4 Selección y habilitación

Los operarios mayores con una formación académica ya lejana en el tiempo pueden contemplar con inquietud la necesidad de seguir una formación larga y pasar nuevos exámenes de capacitación. Si se prevé hacer una selección al final de la formación, es típico observar en algunos trabajadores una pérdida progresiva de capacidades a medida que el fin («la guillotina») se acerca.

Para evitar este efecto, es deseable que la selección tenga lugar antes de la formación y que el contrato pedagógico consista en hacer todo lo posible para que todos obtengan su habilitación. Esto supone que los formadores puedan, si es necesario, reforzar el acompañamiento de aquellos operarios en los que detecten dificultades. También es necesario que la primera prueba de habilitación tenga lugar lo bastante antes del arranque como para que un complemento formativo permita a algunos volver a pasar la prueba en buenas condiciones.

Tercera parte

Construcción y arranque

7

Preparación y desarrollo de la obra

En pocas palabras

El desarrollo de las actividades durante la construcción debe preverse al máximo durante los estudios. La fuerte implicación de un especialista en factores humanos o de un coordinador de seguridad y protección de la salud debe permitir influir a tiempo en la definición de fases y la organización previstas. El nombramiento precoz del coordinador de obra y los medios que le son dados son elementos cruciales para la seguridad.

El desarrollo de la obra comporta una triple exigencia en materia de seguridad:

- La prevención de accidentes durante la construcción de las instalaciones.
- La realización por parte de las empresas de instalaciones conformes a las prescripciones de diseño.
- La apropiación de las nuevas instalaciones por parte de los futuros explotadores antes del arranque.

El desarrollo de la obra debe preverse al máximo posible durante los estudios.

7.1 Diseño y organización de la construcción

7.1.1 Seguridad y condiciones de trabajo en la obra

La experiencia demuestra que la seguridad y las condiciones de trabajo en la obra dependen en gran medida de los **medios concedidos al coordinador de obra** para prepararla[46]. Las fases de construcción que se estudian cuidadosamente con antelación son más seguras que aquellas en que los modos operativos se inventan sobre la marcha con los medios disponibles en el momento. La peor situación se da cuando la transmisión de los planes entre la dirección de obra y la empresa constructora se hace tardíamente y en que la preparación de la obra es mínima para no retrasar el arranque de la misma. La preparación de la obra incluye el estudio de seguridad en incendios y de primeros auxilios.

En caso de que la dirección de obra disponga de un contrato de diseño y ejecución, es deseable que el coordinador de obra sea nombrado en una fase temprana, durante los estudios, y que pueda estudiar (con los especialistas correspondientes) las condiciones de montaje de las soluciones técnicas a medida que estas se van definiendo y, llegado el caso, sugerir modificaciones para facilitar el trabajo. Las técnicas de simulación descritas en el capítulo 5 son perfectamente aplicables para simular las diferentes operaciones críticas de

[46] V. las investigaciones de F. Six sobre los jefes de obra [Six, 1999].

transporte y montaje de los dispositivos. Desgraciadamente, no es frecuente que se asigne un especialista en ergonomía-factores humanos a la preparación de la obra, igual que se asigna uno para promover la reflexión sobre la futura actividad de explotación. La misma persona difícilmente puede cumplir ambas funciones.

Cuando la dirección de obra solo ha sido contratada para el diseño, la misma función de previsión de las exigencias de montaje debe confiarse precozmente a un coordinador de seguridad y protección de la salud (SPS) con experiencia en el tipo de industria en cuestión, sin esperar a la selección de la empresa ejecutora.

7.1.2 Preparación y comunicación de las fases

La preparación y el desarrollo de la obra tendrán efectos en el resto de la instalación[47]: se clausurarán zonas, se cerrarán rutas; un gran número de pesos pesados recorrerán itinerarios habitualmente tranquilos; algunas redes se cortarán provisionalmente; cabe esperar una afluencia inusual de personal…

Es difícil para el jefe de proyecto y el coordinador de obra imaginar solos todas las consecuencias de estas alteraciones en todos los servicios de la instalación (circulación del transporte interno, ronda de toma de muestras del laboratorio, acceso de bomberos y servicios de emergencias a todas las zonas, itinerarios de acceso a la cantina, consecuencias en caso de evacuación general, uso de aparcamientos exteriores…). Por tanto, resulta de gran utilidad que la información correspondiente se reúna y difunda lo antes posible, de manera que las distintas categorías de usuarios de la instalación puedan emitir sus requerimientos específicos. Un buen medio de comunicación es la realización de una **tabla de fases;** esta se presenta en forma de cómic en el que se representan, semana por semana (o en cualquier otra división pertinente), el plano de la instalación con las zonas clausuradas, las rutas cerradas o desviadas, etc. Cada servicio puede entonces comprobar las condiciones de desarrollo de su actividad a lo largo de todas las fases y emitir sus opiniones. Tras la consideración de las mismas, se difundirá una tabla de fases definitiva.

El mismo tipo de tabla, pero esta vez en tres dimensiones, puede utilizarse para comunicar la evolución de la propia obra, la construcción de las estructuras y el montaje progresivo de los distintos dispositivos.

7.1.3 Acogida de las empresas de construcción y montaje

Un gran número de empleados de empresas externas intervendrán en la obra. Es inevitable que la calidad de la acogida prestada por la empresa promotora condicione la calidad de la prestación de la empresa subcontratada.

Nos remitimos al Cuaderno *Des questions à se poser*, secciones 6.4 y 6.5 para el análisis de una serie de cuestiones útiles para preparar esta acogida y la organización de la obra [Daniellou, 2012].

Los pliegos de condiciones y las revisiones previas a la obra

Las exigencias relativas a la seguridad, en especial la coactividad, deben explicitarse desde el pliego de condiciones y formar parte de los criterios de selección de las empresas. Son necesarias varias revisiones de seguridad con todas las empresas implicadas antes del inicio de la obra. Se implantará un sistema de notificación de incidentes. Deberán tomarse precauciones especiales cuando los operarios responsables de la construcción no hablen el mismo idioma que los equipos que manejan la instalación para garantizar en todo momento la posibilidad de una interacción.

[47] Véase Beaujouan *et al.*, 2011.

7.1.4 La coordinación de la obra

Una de las dificultades conocidas en las obras de construcción es que los participantes solo conocen su tarea diaria: se hacen poca idea de lo que pasa al mismo tiempo en otras partes y de lo que pasará al día siguiente en ese mismo lugar. Este horizonte limitado a menudo provoca acciones indeseables (desmontaje de un andamio que se va a necesitar al día siguiente) e interferencias peligrosas (coactividad).

La mejora de la seguridad y de la calidad de la obra pasa entonces por **una mejor difusión de la información** sobre las tareas **en curso y por venir** en una zona geográfica dada. Si la tabla de fases se hace de forma suficientemente detallada y actualizada, puede servir de soporte para esta difusión de información durante las reuniones de coordinación de la obra. Estas deberán al menos congregar en torno al coordinador de la obra a los jefes de equipo de las diferentes categorías profesionales, así como, por supuesto, al coordinador SPS y a los responsables de la prevención.

Aparte de esta función de coordinación, las reuniones de obra sirven también para arbitrar la respuesta que debe darse a las dificultades encontradas durante la ejecución. «Nos cuesta pasar una bomba al lugar previsto, ¿podemos ponerla a un metro?». La respuesta pertinente a este tipo de preguntas implica la presencia de miembros del equipo de proyecto y de competencias de explotación. La presencia rotativa de los futuros jefes de turno y encargados de mantenimiento en la reunión de obra es un medio importante para que adquieran conocimiento de la nueva instalación.

7.1.5 Las visitas a la obra

Las visitas a la obra por parte de los futuros explotadores tienen a la vez una función de formación y también de detección de dificultades probables. Deberán organizarse regularmente para los futuros operarios e ir seguidas de un *debriefing*.

7.1.6 Pruebas y ensayos

Aunque la dirección de obra tenga, en general, un contrato de *commissioning* (puesta en servicio), es esencial que los futuros explotadores puedan participar en las pruebas y ensayos de los nuevos materiales. Esto puede suponer una definición contractual de los límites de responsabilidad.

7.2 Revisiones previas al arranque

Es bastante habitual que el jefe de proyecto, el coordinador de la obra, un responsable de HSE, los bomberos y los responsables de producción y mantenimiento se reúnan para una revisión prearranque. El conjunto de operaciones necesarias para el arranque se ha desarrollado y la diversidad de competencias presentes permite verificar que se cumplen, o se van a cumplir, todos los requisitos. Métodos como las *what-if safety reviews* permiten plantear distintos riesgos y prever la conducta adecuada.

Es de gran utilidad realizar el mismo tipo de ejercicio dentro de los equipos de manejo de la instalación y con los encargados de mantenimiento (por ejemplo, una semana antes del arranque), de manera que todos los actores tengan una visión de conjunto del desarrollo previsto y que cada cual identifique su papel dentro del proceso global.

Estas revisiones velarán sobre todo por la disponibilidad de una documentación actualizada para el arranque.

Se creará un equipo específico para el arranque, con un refuerzo de las funciones de manejo, mantenimiento, instrumentación, etc.

7.3 Riesgos de la inauguración

La inauguración de la nueva instalación a menudo da lugar a celebraciones y discursos.

Cuando una nueva unidad reemplaza a otra obsoleta, no es raro que los discursos oficiales acentúen los aspectos negativos de la unidad anterior para dar valor a las cualidades de la nueva. Los operarios, que durante años se esforzaron en hacer funcionar un material envejecido, viven con gran dificultad este tipo de comunicación; en realidad, no es necesario hacer tabla rasa de ese pasado. Por el contrario, es deseable que la dirección de la instalación valore el trabajo realizado en las instalaciones antiguas y la inversión de esta experiencia de explotación en la reflexión sobre el nuevo proyecto.

8

Arranque, evaluación del proyecto y paso a explotación ordinaria

En pocas palabras

La estrategia FHO debe proseguir durante el arranque para contribuir a las últimas puestas a punto y participar en el retorno de la experiencia del proyecto.

A diferencia de las pruebas, cuya finalidad es probar partes de la instalación sin intención de producir, el arranque comienza el día en que se procura producir y se extiende hasta el funcionamiento nominal, es decir, conforme al programa inicial.

8.1 Presencia durante el arranque

Si se ha implantado una estrategia de factores humanos durante el proyecto, es importante que prosiga durante le período de arranque.

8.1.1 Sobrepasar las evaluaciones negativas

Por mucho cuidado que todos pongan en el proyecto, en el momento del arranque siempre quedan puntos insatisfactorios que no se habían previsto. ¡Y cuanto mayor es la calidad global del diseño, más se notan!

Así, es frecuente que la primera evaluación espontánea del arranque por parte de los miembros de los equipos de explotación sea negativa: «no valía la pena montar todo esto para que...». Esta sensación desaparecerá pronto si se efectúa un inventario de las dificultades encontradas rápidamente y los equipos son informados de los resultados inmediatamente:

- Algunas dificultades pueden arreglarse en pocos días gracias a la presencia de la dirección de obra y de las empresas proveedoras, o a través del mantenimiento.
- Otras requieren un pequeño replanteamiento de los estudios y se tratarán en semanas.
- Finalmente, otras modificaciones quizá no sean posibles a corto plazo, pero la dificultad descubierta tal vez pueda ser tratada mediante una modificación de la organización o de los procedimientos, etc.

Esta presencia de los responsables del proyecto y de la explotación, y la atención a los detalles del arranque, al tratamiento de los problemas y a la información de los equipos, permite proseguir con la «dinámica de factores humanos» instaurada durante el proyecto.

8.1.2 Errores de juventud

Es frecuente que los «errores» cometidos por los operarios durante el arranque se atribuyan al aprendizaje, se consideren «errores de juventud». No obstante, la psicología cognitiva demuestra que los errores cometidos durante el aprendizaje son también los que se producirán en un momento de agobio o de gran tensión.

Los errores cometidos durante el arranque, como todos los errores, a menudo van ligados a características de la situación que los hacen más probables[48]: ambigüedad en la presentación de la información, dificultad de comunicación, órdenes contradictorias, etc. Deben analizarse, sacar a la luz y corregir los factores que los determinan para disminuir la probabilidad de que se renueven más tarde, en el momento de un incidente.

8.2 Finalizar el arranque

Con frecuencia, el aumento de potencia de la nueva instalación y el paso a la explotación ordinaria se hacen progresivamente sin que se escenifique el fin del arranque en ningún momento.

No obstante, el arranque es una fase particular, con una fuerte presencia del equipo de proyecto, de la dirección de obra y de los proveedores, y una responsabilidad compartida con los explotadores. El final de este período y la devolución de toda la autoridad a los responsables de la explotación deben marcarse claramente.

En el mejor de los casos, el funcionamiento nominal no se alcanza rápidamente. Sin embargo, no es posible permanecer en fase de arranque indefinidamente. La dirección de la instalación debe mantener una comunicación clara sobre la situación y el reparto de funciones.

8.3 Evaluar el proyecto

El proyecto se ha terminado, la instalación funciona. Las exigencias de la vida industrial pronto ocuparán el primer plano.

Sin embargo, es importante tomarse el tiempo necesario para **realizar una evaluación formal del proyecto (REX de proyecto)** para capitalizar algunas lecciones y enriquecer los proyectos posteriores. Una buena evaluación siempre se hace a varias voces (dirección de la instalación, jefe de proyecto, supervisores y equipos de explotación, instancias representativas del personal…). Se trata de una «evaluación de banda ancha» y no una evaluación «de banda estrecha» realizada únicamente por algunos expertos.

Por una parte, la evaluación se centra en el cumplimiento de los objetivos marcados. Algunos objetivos son cuantificables y pueden verificarse numéricamente. Otros son «criteriables» (obtener una certificación) y su cumplimiento es fácilmente verificable. Pero durante el proyecto también se han producido numerosos fenómenos más difíciles de objetivar (modificación de las relaciones entre servicios, modificación de las relaciones sociales, aparición de nuevos colectivos, implicación de nuevos actores…) que pueden evaluarse positivamente (y por tanto, favorecerse en próximos proyectos) o negativamente (y que habrá que procurar evitar). Los distintos actores pueden tener opiniones diferentes sobre el carácter positivo o negativo de determinados acontecimientos (por ejemplo: la formación se ha prolongado más de lo previsto). Es importante proceder a esta amplia recogida de información.

En lo relativo a la estrategia de factores humanos y organizativos, la evaluación se centrará principalmente en:

[48] Véase el cuaderno *Estado del arte*, capítulo 7 [Daniellou *et al.*, 2010].

- El control del arranque (duración, dificultades…).
- La calidad final de las condiciones de trabajo y las dificultades persistentes.
- La percepción del proyecto por parte de los supervisores y los equipos de explotación.
- La evolución de las relaciones entre supervisores y equipos.
- La percepción del proyecto por parte de las IRP; la evolución de las relaciones sociales.
- La organización y el contenido de la formación.
- La organización, alcance y resultados de las simulaciones y su consideración en el diseño[49].
- La estructuración del proyecto; la coordinación PO/DO.
- El posicionamiento y los recursos asignados a la estrategia FHO.

8.4 Proseguir con la dinámica FHO

Este documento describe la implantación de una estrategia participativa a lo largo del proceso de diseño. La inteligencia de los operarios de explotación y su experiencia se han reconocido y movilizado para garantizar el éxito del proyecto.

Si, tras este período, los supervisores de la explotación ejercen un estilo puramente directivo, es posible que se observe una decepción y una desmovilización de los equipos. Por el contrario, es posible proseguir la dinámica iniciada, especialmente en torno a las cuestiones de seguridad industrial. El cuaderno *Des questions pour progresser* [Daniellou, 2012] enumera numerosas temáticas que permiten combinar la implicación de los supervisores y de los operarios, en especial en las cuestiones de seguridad industrial. Podemos, por ejemplo, citar de qué manera la dirección puede estar presente en el terreno; la atención prestada no solo al rendimiento sino también al coste humano necesario para alcanzarlo; la mejora continua de la REX sobre los incidentes o accidentes; la implantación y tratamiento de alertas de seguridad; la modificación participativa de los procedimientos (en especial para las tareas críticas); las formas de dinamización de las reuniones de seguridad; la reflexión colectiva sobre las modificaciones posteriores; la reflexión, en conjunto con los equipos de DRH, sobre la evolución profesional…

Si los supervisores de la unidad tienen la voluntad y los medios para mantener esta dinámica, esta puede contribuir tanto a la mejora continua de la *resiliencia* del sistema como al desarrollo de las personas.

[49] Es importante distinguir entre dificultades no previstas por las simulaciones y dificultades previstas pero que no se han tenido en cuenta en el diseño técnico y organizativo.

A

Anexo 1
Ejemplo: la arquitectura de la sala de control

Diseñar para todas las situaciones de uso

El diseño de la sala de control responde a numerosas exigencias (por ejemplo, la protección contra posibles explosiones). En lo que concierne a los factores humanos y organizativos, debe diseñarse de manera que favorezca todas las actividades que en ella se desarrollan. Las situaciones y exigencias siguientes deben tenerse particularmente en cuenta en el programa entregado al arquitecto[50].

Actividad de los operarios externos

- Numerosas entradas/salidas (análisis de flujo).
- En las unidades con riesgos específicos, puede ser necesaria una ducha de seguridad a la entrada.
- Almacenaje personalizado de abrigos, cascos y guantes, al lado de la puerta, en el exterior.
- Almacenaje de ARA (aparatos respiratorios autónomos) y demás materiales de seguridad, farmacia…
- Almacenaje y recarga de radios y material pequeño (lámparas, oxigenómetros, detectores de ácido sulfhídrico…).
- Fácil acceso a los lavabos con calzado sucio sin tener que atravesar «zonas limpias».

Actividad de los equipos de mantenimiento y empresas prestatarias

- Efectivo importante susceptible de esperar permisos de trabajo, en especial durante las paradas. La zona de espera debe permitir sentarse e incluir una máquina expendedora de bebidas y acceso a los lavabos. Si se prohíbe el uso de teléfono móvil, se instalará un teléfono público.

[50] Diferentes exigencias de diseño de las salas de control se describen en las normas:

- NF EN ISO 11064-1 (FA049452), Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 1: Principios para el diseño de los centros de control.
- NF EN ISO 11064-2 (FA049678), Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 2: Principios para la ordenación de las salas de control y sus anexos.
- NF EN ISO 11064-3 (FA045295), Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 3: Disposición de las salas de control.
- NF EN ISO 11064-4 (FA102538), Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.
- NF EN ISO 11064-5 (FA102539), Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 5: Dispositivos de visualización y comandos.
- NF EN ISO 11064-6 (FA102540), Diseño ergonómico de centros de control. Parte 6: Requisitos ambientales para centros de control.
- NF EN ISO 11064-7 (FA102541), Diseño ergonómico de centros de control. Parte 7: Principios para la evaluación de centros de control.

- Entrega de permisos de trabajo o permisos especiales sin que sea necesario entrar en la sala de control (forma de «ventanilla» por definir).
- Los anuncios destinados a los subcontratados deben poder hacerse desde la oficina y ser visibles desde el exterior.

Actividad del jefe de turno y de la jerarquía de día

- El despacho del jefe de turno (o equivalente) suele estar en un lugar de paso (jerarquía de día, encargados de mantenimiento, encargados de consigna…). Por lo tanto, debe ser fácilmente accesible sin que los «visitantes» tengan que atravesar la sala de control, pero también ser contigua a la misma.
- El jefe de turno a menudo debe disponer de varios tipos de equipos informáticos (administración, mantenimiento, procedimiento, a veces con distintas impresoras). Debe preverse el espacio correspondiente.
- Lo mismo sucede con el almacenamiento de documentación y los numerosos tablones de anuncios necesarios.
- Dependiendo de la organización de la empresa, puede ser necesaria una oficina de consigna o de entrega de permisos distinta de la del jefe de turno.
- Si la organización de la empresa prevé la creación de una célula de crisis en caso de incidente grave, y si esta debe estar dentro del edificio de la sala de control, debe preverse su coordinación con la oficina del jefe de turno.

Actividades en la sala de control

- Cuando las unidades vinculadas funcionalmente son dirigidas desde la misma sala, el emplazamiento de las mesas de control debe permitir a la vez la independencia de las actividades vinculadas con las distintas unidades y la coordinación entre operarios durante las maniobras comunes.
- La actividad vinculada a las pantallas del sistema informático de control y mando (SICM) no es solo la de dirección, sino la de mantenimiento informático; los materiales necesarios deben ser de fácil acceso (por ejemplo, cambio de pantalla).
- Debe ser posible trasladarse a otro puesto en caso de avería.
- El diseño de las mesas de control debe, en cada puesto de trabajo, permitir la presencia de dos personas sentadas en lugar de una (relevos, períodos de formación, operaciones críticas…). El mobiliario debe permitir el uso de materiales informáticos y botones de mando, de medios de comunicación con el personal que efectúa las rondas, los servicios de la fábrica y del exterior (incluida la línea de fuego), pero también el de documentos escritos (esquemas, informes, formularios).
- Las paradas de emergencia de las instalaciones, las sirenas y girofaros deben estar presentes en el puesto de trabajo o a su alcance inmediato.
- Suele ser necesario que los monitores conectados a cámaras permitan visualizar dispositivos exteriores (chimenea, horno…) para compensar la falta de visión directa.
- Si las ventanas de proceso deben ser consultadas por más personas además de los operarios de mesa (por ejemplo, encargado de mantenimiento, químico…), se instalarán una o varias pantallas supletorias en una zona que no interfiera con la actividad de gestión (evidentemente, solo algunas acciones serán posibles a partir de estas pantallas).
- La documentación es susceptible de ser voluminosa. La exposición de planos, consignas de producción, de infracciones de seguridad y el archivo de diagramas de instrumentación y procedimientos deben preverse en el diseño del espacio.
- Los operarios externos deben disponer de espacio para redactar sus informes de turno.
- La sala de control es el lugar de reunión del equipo. Los cafés o meriendas colectivas no son solo una tradición de convivencia de los trabajadores, son momentos importantes de *debriefing* colectivo, de intercambio de información y de sincronización entre los operarios externos y los de mesa. La sala de control debe contar con una mesa capaz de dar cabida a todo el equipo y desde la que las pantallas de alarma sigan siendo visibles.
- Los operarios deben poder acceder a equipos informáticos distintos del SIMC, por ejemplo, para la programación de sus días libres o el acceso a información de la empresa.

- Si la política de comunicación de la empresa es enseñar la sala de control a las personas que visitan la instalación, el diseño debe permitir que las visitas no entorpezcan la actividad.
- Cuando la sala de control sea ciega por motivos de seguridad, la iluminación debe estudiarse con especial cuidado, teniendo en cuenta los turnos de trabajo. Será necesario recurrir a un diseñador luminotécnico para obtener una buena iluminación, poca luminancia de las fuentes (prevención de deslumbramientos), una temperatura de color de «luz diurna» y una regulación dinámica de la iluminación en función de la hora.
- El tratamiento acústico (insonorización) de las paredes de la sala es importante para mantener un ambiente tranquilo a pesar de las conversaciones, llamadas por radio…
- La climatización debe ser silenciosa, regulable y los filtros deben ser accesibles. Debe poder desconectarse desde la sala de control en caso de fuga tóxica en el exterior.
- El diseño del mobiliario debe facilitar la limpieza.

Vestuarios y zona de estar

Los trabajadores a turnos pasan las noches y fines de semana en el trabajo. El diseño de las estancias debe favorecer unas buenas condiciones de vida y alimentación (la posibilidad de disfrutar de comidas calientes y equilibradas es particularmente importante para la salud de los trabajadores):

- Espacio suficiente para los vestuarios, duchas y sanitarios.
- Posibilidad de limpieza de los monos de trabajo (según la organización de la empresa).
- Zona de cocina/comedor que permita almacenar alimentos y vajilla, elaborar y consumir comidas calientes, lavavajillas.
- Almacenaje y evacuación de desechos.

Zona de comedor tranquila, que permita una pausa reparadora durante un turno de noche.

Otras actividades colectivas

- Deben preverse los lugares de confinamiento del equipo en caso de alarma de gas.
- Una o varias salas de reunión deben permitir la realización de actividades de formación, trabajo en equipo sobre procedimientos, reuniones de seguridad, grupos de trabajo, etc.
- Almacenaje de materiales para formación (por ejemplo, de primeros auxilios).

Cuarto de limpieza

Teniendo en cuenta el gran número de personas que entran y salen del edificio, el cuidado de los suelos es importante. Debe preverse el almacenaje del material de limpieza, así como los puntos de agua y de evacuación.

En respuesta a las propuestas del arquitecto

A partir del programa que ha recibido, el arquitecto entregará un anteproyecto sumario (APS) en el que no constan más que el emplazamiento de los tabiques y las salidas. Es de gran utilidad llevar a cabo, a partir de este documento, una simulación de las principales situaciones que se van a desarrollar en la sala de control. Dicha simulación implicará a representantes de las distintas categorías que tendrán que trabajar en la sala y permitirá solicitar modificaciones de proximidad, superficie, etc. en un estado poco avanzado del diseño de los planos.

Puede hacerse una nueva simulación cuando el arquitecto haya realizado el anteproyecto definitivo (APD) con todos los detalles de marcos, instalaciones eléctricas y de fontanería, etc.

B

Anexo 2
Ejemplo: el diseño de las pantallas de control y de las alarmas

La adaptación de las pantallas de control[51] a las necesidades de explotación no depende únicamente de la calidad del diseño de cada ventana.

Se trata de manejar una instalación industrial, no un ordenador

La expresión «interfaz hombre-máquina» (IHM) puede ser engañosa. A menudo nos interesamos principalmente por la interfaz que existe entre el operario y el ordenador del sistema de control y mando. Ahora bien, la tarea del operario no es controlar el SICM, sino el proceso industrial. La interfaz existente entre el operario y la instalación industrial es un medio de control que debe diseñarse para favorecer la acción de dicho control.

Además, hay que velar por descargar al operario, en la medida de lo posible, de las tareas secundarias de gestión del sistema informático para permitir que concentre su atención en la conducción del proceso.

Favorecer una visión de conjunto

A diferencia de los antiguos tableros que ofrecían una visión global de la instalación, el control en pantalla puede llevar a una «visión de ojo de cerradura» [Guy y Meyer, 1995; Lejon, 1991] del proceso. Para evitar este fenómeno, deben tomarse algunas precauciones:

- **Un despliegue flexible,** que permita al operario configurar ventanas «a medida» con los valores, históricos o curvas de tendencia que mejor se correspondan con las necesidades de una operación particular no prevista en el diseño.
- **Un número suficiente de pantallas** por operario para que pueda desplegar por separado una o varias ventanas de supervisión, una ventana de alarmas activas y la ventana sobre la que está trabajando. El número mínimo de pantallas por persona a menudo es de tres, pero si se quiere favorecer una conducción con dos operarios en determinadas fases críticas, hacen falta al menos cuatro pantallas por puesto (la asignación de información a cada pantalla es programable). En algunos casos, hay que prever además una o varias pantallas para el jefe de turno, el mantenimiento…
- **Un diseño de las pantallas de control** que favorezca la unificación en una sola ventana de los **principales parámetros necesarios para gestionar una maniobra o un incidente.** Cuando las informaciones necesarias para una maniobra se encuentran dispersas en numerosas ventanas (figura B.1), se observa una rápida concatenación de las mismas, un aumento de la carga mental del operario y una pérdida de visión goblal de la situación.

[51] Ventanas de pantalla del sistema informático de control y mando (SICM).

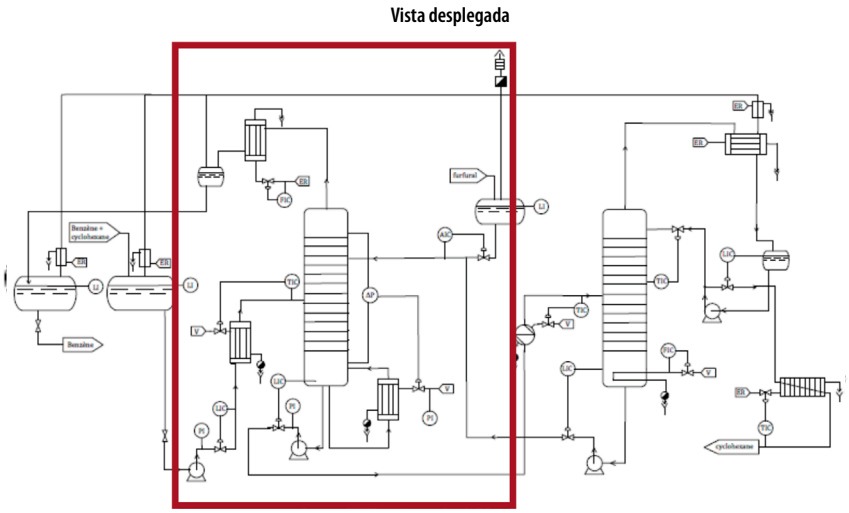


FIGURA B.1: *El despliegue por dispositivo no permite tener una visión de conjunto*

El diseño de las pantallas de control no debe plantearse dispositivo por dispositivo, sino situación por situación: arranque, cambio de producto, diferentes tipos de incidentes. El conjunto **de las informaciones necesarias para una fase de actividad se agrupará** en una misma ventana, a menos, por supuesto, que algunas informaciones estén duplicadas en otras ventanas.

Especificaciones para el diseño de las ventanas

Es habitual que las ventanas sean programadas por el proveedor del SIMC en base a las especificaciones que se le transmiten. Estas últimas deben poseer dos componentes:

- Por una parte, principios de diseño, un estándar que establezca una especie de «gramática» de presentación de la información (carta gráfica, criterios de disposición, biblioteca gráfica).
- Por otra parte, la lista de ventanas y el inventario de parámetros que han de desplegarse en cada una de ellas.

Un estándar de presentación

Las normas de presentación de la información en las ventanas de control que se le van a imponer al proveedor se basan, por una parte, en trabajos científicos internacionales, por otra parte, en los hábitos de la empresa. Algunos desarrolladores de SIMC han hecho un trabajo importante con sus clientes y sus propios ergónomos para alcanzar unos estándares satisfactorios[52] que habrá que adaptar para tener en cuenta costumbres previas de la empresa.

En el siguiente cuadro se presentan algunos ejemplos de principios empleados en algunas empresas.

[52] Véase, por ejemplo, ASM, 2009 y también NUREG, 2002.

Ejemplo de principios empleados en una empresa

- **Trama de fondo permanente y discreta**
  - Nada de color para los datos permanentes (diseño de dispositivos y tuberías).
  - Despliegue de detalles a demanda.
  - Los cableados de regulación se despliegan únicamente si son indispensables o a demanda.
  - El tamaño de los aparatos depende de su importancia.
  - Se respetan las posiciones por gravedad.
  - Homogeneidad de los símbolos y codificaciones (según las reglas de la empresa).
- **«Luces apagadas, todo va bien»**
  - Los colores se utilizan para llamar la atención sobre datos no permanentes.
  - No se cambia de color verde/rojo sin cambio de forma (daltónicos).
  - Amarillo y rojo únicamente para alarmas.
  - Animaciones únicamente para informaciones de seguridad que requieren acción inmediata.
  - Las alarmas atendidas son más pálidas.
- **Despliegue a demanda (pasajero o sostenido) de tendencias**
  - Posibilidad de modificar los parámetros de las tendencias.
  - Posibilidad de crear ventanas «a medida» agrupando los valores y tendencias correspondientes a una maniobra.
- **Posibilidad de desplegar la clausura o consignación de un materiales**
- **Las modificaciones de umbrales de alarma o de regulación de «acciones» PID son archivadas y consultables**

El contenido de las ventanas

Algunas ventanas de supervisión presentan los parámetros principales que permiten identificar el estado del proceso técnico.

Las ventanas de detalle se diseñan en función de las **situaciones** que permiten tratar. La primera etapa de su diseño es, por tanto, el inventario de las principales situaciones de control (arranque de un aparato, regulaciones, activación, cambio de producto, entrada en parada…). Si se ha implantado una estrategia FHO, esta lista ya ha quedado ampliamente establecida (véase «inventario de las situaciones de explotación», capítulo 5). El hecho de que los equipos de control la concreten constituye una contribución significativa a su formación.

Tras inventariar las principales situaciones de control para poder crear una ventana para cada una, procederemos a hacer inventario de las medidas y comandos que deben figurar para minimizar el cambio de ventanas durante la maniobra.

El diseño de las ventanas suele realizarlo el proveedor a partir de los diagramas de proceso y la lista de ventanas y parámetros que se le ha transmitido. Es importante que, antes de proceder a su programación final, presente las maquetas del diseño de ventanas realizadas.

Entonces será posible proceder, sobre dichas maquetas, a una simulación del desarrollo de algunos escenarios de maniobra o incidente para comprobar la pertinencia y completitud de la agrupación de parámetros, detectar eventuales ambigüedades, etc. Las maquetas deberán ser validadas antes de la programación definitiva por parte del proveedor.

Las alarmas

Las alarmas tienen varias funciones[53]:

- Permitir la supervisión global del proceso y recabar información sobre su estado, especialmente en el cambio de turno.
- Llamar la atención sobre un suceso anormal o que requiere una acción urgente.
- Informar a tiempo para permitir una reacción humana antes de la activación de un automatismo.
- Informar sobre el fallo de un automatismo de seguridad.

La activación de algunas alarmas es información nueva para el operario, mientras que otras son resultados esperados de una acción que ha realizado voluntariamente.

La reflexión sobre la estructura del sistema de alarmas debe permitir:

- Limitar el número de alarmas a lo que es pertinente.
- La visibilidad de la alarma, la claridad de su redacción, la identificación del nivel de prioridad y su estado (atendida o no).
- Hacer que la alarma aparezca a la vez dentro de un contexto estructurado que permita su tratamiento (pantalla de control) y en una lista cronológica que permita remontarse más allá de lo que está desplegado o activo.
- Favorecer la identificación de «estructuras de alarma» (conjunción significativa que facilite el diagnóstico) y el acceso a «fichas de alarma» (con las causas posibles).
- El filtrado de alarmas asociadas normalmente a un estado de la instalación o a la consignación de determinados materiales.
- La identificación inmediata de las alarmas inhibidas.
- Evitar la repetición de alarmas durante la oscilación de un parámetro en torno al valor límite mediante una elección pertinente de la «banda muerta» (histéresis) entre umbral de aparición y umbral de desaparición.
- Que el operario pueda identificar fácilmente el primer fallo cuando un mismo incidente se traduce en una ráfaga de alarmas.
- Que el operario pueda «guardar» una copia de la alarma en «cajas» (listas estructuradas por él mismo).
- Favorecer la distinción entre un valor elevado que permanece estable y un valor elevado que sigue subiendo.
- Que el operario pueda programar «alertas» o prealarmas distintas de las alarmas que disminuyan su carga mental de vigilancia señalando que se ha alcanzado un objetivo (por ejemplo, nivel casi alto durante el llenado de un calderín).

La información sobre la activación de una alarma suele incluir una señal sonora y una señal luminosa[54]. Pueden elegirse varias señales sonoras distintas, ya sea en función de la parte de la unidad afectada[55], ya sea en función del nivel de urgencia.

[53] Véase el documento de referencia OGP 454 citado más arriba [OGP, 2011, p. 66]; [HSE, 2000]; Norma Internacional de la Comisión Eletrotécnica Internacional [CEI, 2004]; [Daniellou, 1986].

[54] El timbre de la señal sonora debe elegirse para que sea audible incluso por personas que tengan dificultades auditivas incipientes por cuestiones de edad o laborales (frecuencias inferiores a 2000 Hz). Las señales luminosas deben ser visibles con cualquier iluminación (reflejos).

[55] Es particularmente indispensable elegir timbres distintos cuando las mesas de control de varias unidades se encuentran en la misma sala.

El sistema de desactivación debe permitir separar la supresión inmediata de la señal sonora de la supresión de la señal visual cuando el operario ha identificado el parámetro en cuestión. Estas desactivaciones deben poder hacerse sin que el operario se desplace.

El control del buen funcionamiento de las alarmas (prueba de luces…) y la intervención de mantenimiento deben facilitarse.

Lista de abreviaturas

APO	Asistente de la promoción de obra
APD	Anteproyecto definitivo
APS	Anteproyecto sumario
ARA	Aparato respiratorio autónomo
PdC	Pliego de condiciones
CE	Comité de empresa
CHSCT	Comité de higiene, seguridad y condiciones de trabajo
JPPO	Jefe de proyecto de promoción de obra
DP	Delegado de personal
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement, Dirección regional de medio ambiente, ordenación y vivienda
EPC	*Engineering, procurement and construction contract,* contrato de diseño y ejecución
EPI	Equipamiento de protección individual
FEED	*Front-engineering and design,* fase de diseño e ingeniería inicial
FHO	Factores humanos y organizativos
FHOS	Factores humanos y organizativos de la seguridad
HFE	*Human factor engineering,* ingeniería de los factores humanos
HSMA	Higiene, seguridad y medio ambiente
IHM	Interfaz hombre-máquina
IRP	Institución representativa del personal
PO	Promoción de obra
DO	Dirección de obra
PID	*Piping and instrumentation diagram,* diagrama de tuberías e instrumentación
REX	Retorno de la experiencia
RR.HH.	Recursos Humanos
SGS	Sistema de gestión de la seguridad
SICM	Sistema informático de control y mando

Bibliografía

ASM (2009). Effective operator display design. ASM Consortium Guidelines, ASM Consortium.

ASTM (2007). Norme E2350. Rapport technique, ASTM International, Organisme de normalisation par mutualisation volontaire. Disponible en: http://www.astm.org/Standards/E2350.htm

Barcellini, F., VanBelleghem, L. y Daniellou, F. (2013). Capítulo «Les projets de conception comme opportunité de développement des activités» en *Ergonomie constructive* (Falzon, P., Éd.). PUF, París.

Beaujouan, J., Escouteloup, J. y Daniellou, F. (2011). Pasaje de «Travaux et organisations transitoires: quels rôles pour l'ergonome». *Activités,* 8(1): 26-43.

Béguin, P. (2004). Capítulo «L'ergonome, acteur de la conception» en *Ergonomie* (Falzon, P., Éd.), págs. 375-390. PUF, París.

CEI (2004). Centrales nucléaires de puissance –salle de commande principale– fonctions et présentation des alarmes. Norma internacional CEI 62241, Comisión Electrónica Internacional.

Daniellou, F. (1986). *L'opérateur, la vanne et l'écran. L'ergonomie des salles de contrôle.* Coll. Outils et méthodes. ANACT, Lyon.

Daniellou, F. (1987). Les modalités d'une ergonomie de conception, introduction dans la conduite des projets industriels. Note documentaire 1647-129-87, INRS, París.

Daniellou, F. (2012). *Les facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle: des questions pour progresser.* Cuadernos de la Seguridad Industrial 2012-03, Fundación para una Cultura de Seguridad Industrial, Toulouse, Francia. ISSN 2100-3874. Disponible en: http://www.foncsi.org/

Daniellou, F., Simard, M. y Boissières, I. (2010). *Factores humanos y organizativos de la seguridad industrial: estado del arte.* Cuadernos de la Seguridad Industrial 2010-02, Fundación para una Cultura de Seguridad Industrial, Toulouse, Francia. ISSN 2100-3874. Disponible en: http://www.foncsi.org/

FAA (2003). Human factors job aid. Rapport technique, US Federal Aviation Administration. Disponible en: http://www.hf.faa.gov/docs/jobaid.pdf

Guy, M. y Meyer, E. (1995). Capítulo «Aider à concevoir pour la conduite opérateur» en *L'homme dans les nouvelles organisations,* págs. 322-325. Actas del 30º congreso de la SELF.

HSE (2000). Better alarm handling. Rapport technique, UK Health and Safety Executive Books.

Jackson, M. (1998). *Entre situations de gestion et situations de délibération, l'action de l'ergonome dans les projets industriels.* Tesis doctoral en ergonomía, Universidad Victor Segalen Burdeos 2.

Laplace, J. y Regnaud, D. (1986). Démarche participative et investissement technique: la méthodologie de Rhône-Poulenc. *Cahiers de l'UIMM,* 52.

Lejon, J. (1991). *L'évolution de la conduite sur SNCC: l'ergonomie des systèmes numériques de contrôle-commande.* ANACT.

Martin, C. (2000). *Maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'oeuvre: construire un vrai dialogue.* Octarès, Toulouse.

Midler, C. (1993). Le responsable de projet, portrait d'un rôle d'inuence. *Gestion 2000,* 2/93.

NUREG (2002). Human system interface design review guidelines. Informe técnico NUREG 0700 Rev 2, US Nuclear Regulatory Commission. Disponible en: http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr0700/

NUREG (2012). Human factors engineering program review model. Informe técnico NUREG-0711 Rev3, US Nuclear Regulatory Commission. Disponible en: http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1232/ML12324A013.pdf

OGP (2011). Human factors engineering in projects. Informe técnico 454, International Association of Oil and Gas Producers. Disponible en: http://www.ogp.org.uk/pubs/454.pdfhttp://www.ogp

Riboud, A. (1987). *Modernisation mode d'emploi, rapport au Premier ministre.* Collection 10/18. Union générale d'édition, París. ISBN: 2-264-01100-9.

Du Roy, O. (1989). *Gérer la modernisation, clés pour un management sociotechnique du changement.* Éditions d'organisation.

Seet, A. y McLeod, R. (2012). «Lessons learned applying human factors engineering in capital projects», en *International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production,* Perth, Australia.

Six, F. (1999). *De la prescription à la préparation du travail, apports de l'ergonomie à la préparation du travail sur les chantiers de BTP.* Habilitación para dirigir investigaciones, Universidad Victor Segalen Burdeos 2.

VanBelleghem, L. (2012). «Simulation organisationnelle: innovation ergonomique pour innovation sociale» en *Actes du 42e congrès de la SELF,* Lyon.

Reproducción de este documento

Este documento se difunde de acuerdo con una licencia BY-NC-ND de Creative Commons. Es usted libre de reproducir, distribuir y comunicar esta creación al público bajo las siguientes condiciones:

- **Reconocimiento**: deberá citar el nombre del autor original de la manera indicada por el mismo o por el titular de los derechos que le ha conferido esta autorización (pero no de una manera susceptible de sugerir que este apoya o aprueba la utilización que usted haga de la obra).
- **No comercial**: la explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.
- **Sin obra derivada:** la autorización para explotar la obra no incluye la transformación para crear una obra derivada.

Puede descargar este documento (y otras ediciones de los Cuadernos de la Seguridad Industrial) en formato PDF en el sitio web de la FONCSI.

ISSN 2100-3874

FONCSI

Fondation pour une culture de sécurité industrielle

6 allée Émile Monso
ZAC du Palays - BP 34038
31029 Toulouse cedex 4 - France

www.foncsi.org