

# HAZOP, UNA ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDAD LABORAL EN LA INDUSTRIA DE CONSTRUCCIÓN

M. en I.A. Alejandro Diaz Garcia<sup>1</sup>, M. en D.A.E.S. Nancy Ortiz Escobar<sup>2</sup>,  
M. en I.A. Blanca Gabriela Cuevas González<sup>3</sup> y Dra. Thelma Beatriz Pavón Silva<sup>4</sup>

**Resumen**— Uno de los temas de mayor renombre en últimas fechas hace hincapié en el tema de sustentabilidad, razón por la cual los diseños flexibles que involucren el equilibrio de los recursos disponibles para la elaboración de productos, ha obligado a ciertos sectores productivos a involucrarse en estrategias que permitan una mejor eficiencia en el uso de los mismos. El propósito de este trabajo fue analizar por medio de la metodología HAZOP el comportamiento de las actividades en una mesa de trabajo de presfuerzo de una empresa de prefabricados de concreto en el Estado de México. Se analizó el uso actual en donde se combinan diversos procedimientos de fabricación de elementos prefabricados, se busca que este estudio sirva de apoyo a futuros trabajos en la industria de la construcción para identificar peligros y fallas en la operabilidad de las instalaciones.

**Palabras clave**— HAZOP, Sustentabilidad, Presfuerzo, Riesgo.

## Introducción

La metodología cualitativa en combinación con técnicas cuantitativas permite recopilar, analizar y resolver una gama de problemas de alto impacto que se identifican al interior de la industria. Uno de los temas de mayor renombre en últimas fechas hace hincapié en el tema de sustentabilidad, razón por la cual los diseños flexibles que involucren el equilibrio de los recursos disponibles para la elaboración de productos, ha obligado a ciertos sectores productivos a involucrarse en estrategias que permitan una mejor eficiencia en el uso de los mismos. La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) el 19 de diciembre de 1983, citado por Estrella (2014), definió el concepto de sustentabilidad como un modo de vida individual que parte de una forma particular, hasta llegar de una forma general al desarrollo sustentable como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

Es así, que el uso de herramientas de control que permitan verificar el funcionamiento de acuerdo a los objetivos planteados en la gestión del proyecto inicial, será determinante para el éxito en el cumplimiento de normativas que no solo involucran situaciones gubernamentales, sino también de responsabilidad social. Actualmente se encuentran disponibles de forma accesible una amplia variedad de metodologías que además de administrar con un margen de error aceptable la disposición de los recursos, también dan cuenta de la seguridad que deberá acatarse para no afectar de forma negativa la integridad de los trabajadores, ni del entorno laboral.

Para este estudio se contó con la participación de dos empresas de construcción de prefabricados de concreto ubicadas en el Estado de México, se eligió trabajar con metodología cualitativa, por sus diseños flexibles que se adaptan perfectamente al tipo de información que se necesita conocer, de tal forma que la observación fue contundente en el diseño de las conclusiones.

Con relación a los métodos cualitativos utilizados en la industria y de acuerdo a los sistemas operacionales, se optó por Hazard and Operability Study (HAZOP) que es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La técnica se fundamenta en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema, y consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de las desviaciones de las variables de estudio del proceso planteadas, a través de palabras guía.

El Método de Identificación y Evaluación de Riesgos HAZOP, menciona Flores (2013), se ha usado con éxito durante muchos años en una gran variedad de aplicaciones. Este método cubre sistemáticamente todos los aspectos

<sup>1</sup> El Mtro. Alejandro Diaz Garcia es Profesor Investigador en la Universidad Autónoma del Estado de México, Acolman. [adiazga@uaemex.com](mailto:adiazga@uaemex.com), [orcid.org/0000-0001-7831-5131](https://orcid.org/0000-0001-7831-5131)

<sup>2</sup> La Mtra. Nancy Ortiz Escobar es Profesora de la Licenciatura en Mercadotecnia en la Universidad Autónoma del Estado de México, Acolman. [mktnancy@yahoo.com.mx](mailto:mktnancy@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> La Mtra. Blanca Gabriela Cuevas González es Profesora Investigadora en la Universidad Autónoma del Estado de México, Acolman. [bgcuevasg@uaemex.mx](mailto:bgcuevasg@uaemex.mx)

<sup>4</sup> La Dra. Thelma Beatriz Pavón Silva es Profesora Investigadora en la Universidad Autónoma del Estado de México, Acolman. [tbpavons@uaemex.mx](mailto:tbpavons@uaemex.mx)

relacionados con la ingeniería de adquisiciones, la construcción, el montaje, puesta en marcha, las operaciones, la mantención, los aspectos jurídicos y económicos de un proyecto. Su amplio campo de aplicación hace que sea una herramienta confiable y permite una participación multidisciplinaria, en donde se suman los conocimientos y experiencia individuales. El HAZOP identifica los riesgos asociados con la operación del sistema, investigando las desviaciones posibles de su operación normal, está basada en un principio de la actuación conjunta de varios expertos en diferentes campos con el fin de encontrar más problemas de los que se identificarían si se trabajara en forma separada.

El estudio HAZOP tiene dos premisas fundamentales:

- Los sistemas funcionan bien, cuando operan de acuerdo con la intención del diseño.
- Los riesgos y los problemas operacionales son generados por desviaciones a la intención de diseño.

Este método cualitativo permite visualizar cuales son aquellos fallos que están presentes al interior de los procesos productivos y que afectan de manera inmediata; o a largo plazo, el entorno de trabajo. La metodología HAZOP, también conocida como Análisis Operativo de Funcionalidad (AFO), es un estudio crítico que invita a la comprobación del funcionamiento de los sistemas de forma responsable con el medio ambiente.

Muchas veces los análisis cuantitativos se basan en datos subjetivos que permiten una evaluación orientativa que puede resultar suficiente. En todo caso siempre es recomendable previamente efectuar estudios o análisis cualitativos que nos permitan identificar los riesgos, las causas que los generan y las posibles consecuencias. A partir de los cuales ya se facilita la selección y adopción de muchas medidas preventivas necesarias. La adecuada aplicación de estudios de seguridad en instalaciones de proceso habría de permitir determinar los límites de todos los parámetros dentro de los cuales cualquier etapa del proceso se desarrolla por vías seguras, y conocer el comportamiento del proceso fuera de estos límites, para integrar las medidas preventivas oportunas (Bestraten, 2017).

### Descripción del Método

Este tipo de análisis intenta obtener descripciones detalladas como lo dice Hernández (2010), de situaciones, eventos, personas, interacciones, conductas observadas y sus manifestaciones. Para este tipo de investigación se utilizan técnicas para recolectar datos, como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupo, evaluación de experiencias personales, e interacción e introspección con grupos o comunidades. Postula que la realidad se define a través de las interpretaciones de los participantes en la investigación respecto de sus propias realidades. De este modo, convergen varias "realidades", por lo menos las de los participantes, la del investigador y la que se produce mediante la interacción de todos los actores. Además son realidades que van modificándose conforme transcurre el estudio, con este tipo de enfoque cualitativo se busca principalmente "dispersión o expansión" de los datos e información.

Se eligió la metodología HAZOP para evaluar ambientes y actos inseguros debido a la participación multidisciplinaria de los empleados que la empresa aporó, en donde las situaciones fueron estudiadas de manera global de tal manera que se busca solucionar problemas con los recursos disponibles y así mismo, se identifican las carencias que se presentan.

El sector de la construcción tiene grandes representaciones físicas en la ciudad, campo, industria, etc. Cada una de estas, es el logro de actividades especializadas y de la enorme creatividad que el ser humano ha desarrollado a lo largo de su evolución en el mundo, gracias a este sector muchas de nuestras actividades son más cómodas, rápidas y eficaces. Una mala planeación, diseño o fabricación de algún elemento, podría desembocar en consecuencias de diversas magnitudes. Cada uno de los métodos de fabricación debe ser cuidado de forma meticulosa, por lo cual las personas que laboran en este sector deben estar en continua preparación y actualización que les permita desarrollar su trabajo de forma profesional.

En la Figura 1. Se describe la metodología utilizada para el análisis HAZOP. De acuerdo a los puntos establecidos desarrollamos los resultados.

#### 1. Descripción de la instalación

El presente artículo analiza el uso actual de una mesa de trabajo de presfuerzo, en donde se combinan diversos procedimientos de fabricación de elementos prefabricados, dicha mesa se describe en la figura 2:

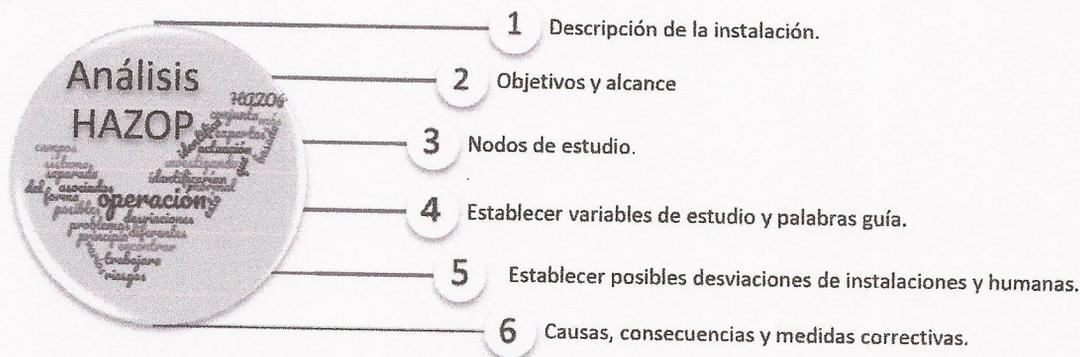


Figura 1. Metodología HAZOP.  
Fuente: Elaboración propia (2017)

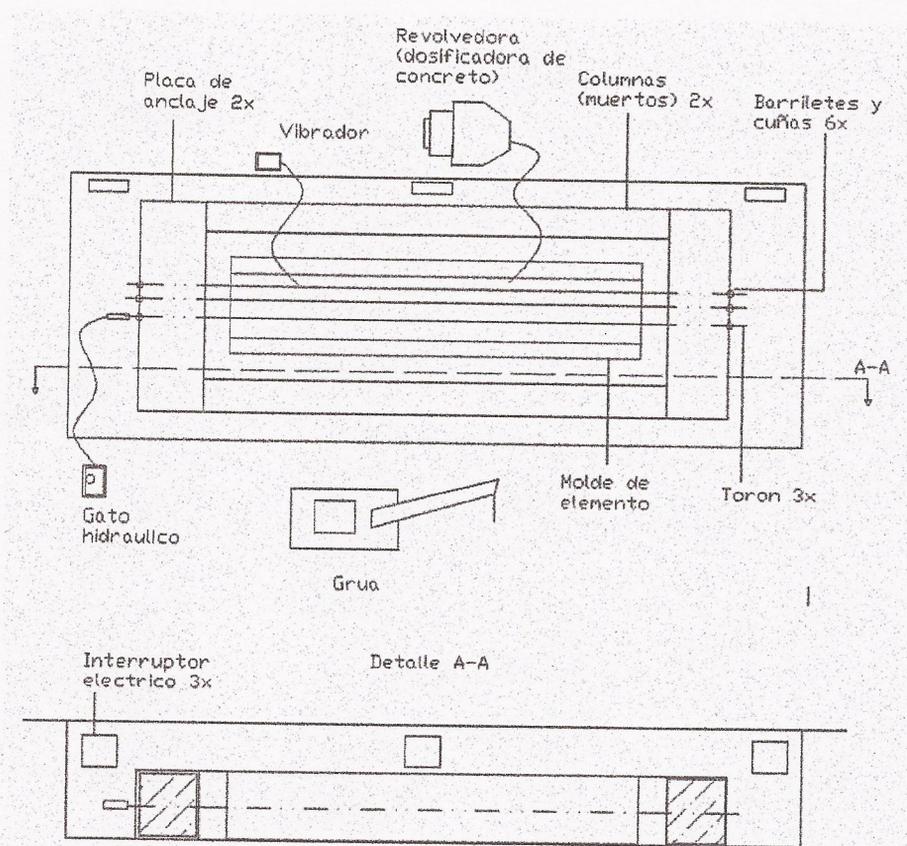


Figura 2. Mesa de trabajo de presfuerzo.  
Fuente: Elaboración propia (2017)

## 2. Objetivo y alcance.

Identificar desviaciones del proceso utilizando la metodología HAZOP con respecto a los parámetros normales de operación en una mesa de trabajo de presfuerzo.

### 3. Nodos de estudio.

El proceso de fabricación está definido en 6 etapas, que serán nuestros nodos de estudio.

- 1.- *Preparación del molde de colado*: nivelación, armado y soldado de partes involucradas así como aplicación de desmoldante para evitar la adherencia con el concreto.
- 2.- *Armado estructural*: disposición de estructuras de varilla previamente armadas en la fábrica al interior del molde con la ayuda de una grúa.
- 3.- *Distribución y tensado de torón*: se colocan tapas en los extremos del molde, tienen orificios que permiten que el torón pueda ser fijado a la placa de anclaje mediante sujeción para posteriormente tensar con la ayuda de gato hidráulico.
- 4.- *Colado*: con una revoladora, es suministrado el concreto necesario para llenar la pieza realizando un vibrado por inmersión para lograr un mayor contacto entre los granos de la mezcla eliminar la mayor cantidad de aire atrapado en la pieza durante el vaciado.
- 5.- *Cubierta superficial y curado*: se aplica vapor a la pieza acelerando las reacciones químicas para tener un concreto resistente y durable. Se cubre para evitar la deshidratación de la superficie y contaminación de cualquier elemento que pudiera dañar la pieza.
- 6.- *Extracción del molde*: se libera la pieza de la sujeción cuando la resistencia de compresión del concreto sea entre el 70 y 80% y se procede a desmoldar, esta provista de ganchos que servirán para su manejo y traslado, con ayuda de grúas y tracto camiones.

### 4. Variables de estudio y palabras guía

En la tabla 1, se informa acerca de las variables de interés para el desarrollo del estudio HAZOP consideradas para esta investigación.

Para esta metodología es indispensable la utilidad de las “palabras guía” que indican el concepto que representan en cada nodo o en su defecto indica lo que se está haciendo de forma incorrecta o se está dejando de hacer, están representadas en la tabla 2.

VARIABLES DE ESTUDIO
Actos seguros.
Ambiente seguro.
Inspecciones.
Riesgos físicos.
Mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 1. Variables de estudio.

Fuente: Elaboración propia (2017)

PALABRAS GUIA	SIGNIFICADO
No	La intención del diseño no se cumple.
Inverso	Ocurre cuando se produce lo opuesto a la intención del diseño.
Parte de	Solo se cumple una parte de la función del diseño.
Mas	Aumento cuantitativo con respecto a la intención del diseño.
En vez de	Sustitución de la actividad por otra errónea.

Tabla 2. Palabras guía.

Fuente: Elaboración propia (2017)

5 y 6. Para estos puntos se pide establecer posibles desviaciones de instalaciones y humanas así como las causas. Se presentan los resultados solo para el nodo 2 en la tabla 3. Lo anterior debido a lo extenso del desarrollo del estudio.

### Comentarios Finales

Se pretende desarrollar una propuesta de planeación que involucre los tiempos necesarios para una capacitación laboral basada en el resultado del análisis operativo HAZOP, que de pauta al establecimiento de evaluación continua como respuesta al objetivo de sustentabilidad de los procesos eficaces. Esta planeación proveerá de información de la distribución de recursos necesarios para el funcionamiento equilibrado del sistema y dará cuenta de la efectividad de comunicación que se tenga con la relación patrón-empleado, se espera que el impacto sea estimulante y cada vez integren actividades que enriquezcan el proceso.

Finalmente esto permitirá con base a la evaluación, redefinir decisiones que conlleven crecimiento, se busca que este estudio sirva de apoyo a futuros trabajos en la industria de la construcción para identificar peligros y fallas en la operabilidad de las instalaciones, siendo estas últimas de gran importancia debido a los diversos factores que implican su construcción y seguridad para el personal que las opera. Algunos de los objetivos de los elementos prefabricados son garantizar la seguridad estructural, la disminución del tiempo de obra, elaborar claros más grandes y por supuesto

eliminar gastos innecesarios. Esto se lleva a cabo gracias a una excelente coordinación de planeación e ingeniería de detalle en donde intervienen actividades de diseño y fabricación de moldes, adecuación de planta, determinación de la capacidad productiva, etc.

La metodología HAZOP ayudara a identificar los riesgos potenciales o incluso la problemática de operabilidad que está presentando un proceso, esto es, revisando el diseño de su instalación y los procedimientos de fabricación utilizados, así como las interacciones entre los trabajadores y el equipo de trabajo. Una vez terminado se determinara si las desviaciones pueden crear peligros significativos.

### Resumen de resultados

Una característica de la metodología HAZOP es que los resultados obtenidos por ser cualitativos son amplios, razón por la cual es posible describir de forma completa muchas situaciones que un análisis cuantitativo podría pasar por alto. Para este artículo de investigación se presenta desarrollado el nodo 2 en la tabla 3. El estudio se realizó para identificar desviaciones de los objetivos en el diseño de las instalaciones y de error humano.

Nodo	Variable	Palabra guía	Desviación (instalaciones)	Desviación (error humano)	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
2.Colocacion de acero de refuerzo	Actos seguros	parte de		El personal no usa equipo.	El personal desatiende medidas de seguridad.	Lesiones por aplastamiento con la estructura.	Implementar plan de cumplimiento de normativa de seguridad.
	Ambiente seguro	no	No se delimita el área de maniobra.		No se cuenta con indicadores de advertencia.	Lesiones por aplastamiento con la estructura.	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene.
		no	El área no está delimitada adecuadamente.		No se conoce la NOM de señalización.	Desconocimiento de las áreas de riesgo.	Crear y capacitar la comisión de seguridad e higiene.
	Riesgos físicos	parte de		Daño a la estructura armada.	El maniobrista y el operador de la grúa no se comunican.	Podrían tirar la estructura.	Plan de capacitación que incluya a contratistas y personal de planta.
		inverso	Mala colocación de estructura.		La grúa podría hacer chocar la estructura con algo.	Daños a la estructura armada.	Delimitar el área de maniobras.
		parte de	La estructura puede dañarse por una mala colocación.		Los ganchos de la grúa no fueron colocados correctamente.	Deformación de estructura.	Colocar seguros a los ganchos.

Tabla 3. Nodo 2, del análisis HAZOP.  
Fuente: Elaboración propia (2017)

## Conclusiones y Recomendaciones

La técnica HAZOP permite subdividir las operaciones de un proceso, en tantas pequeñas partes como sea necesario, para poder analizar de manera especial aquellas que entrañan un riesgo elevado. Es cierto que de manera general todos los procesos productivos conllevan un peligro y que incluso el índice de frecuencia pueda parecer despreciable, pero al tratarse de un problema que involucre la vida de los trabajadores, debe prestarse especial interés.

Se logró coordinar las decisiones de impacto para erradicar periódicamente las desviaciones del proceso, gracias a que el equipo de trabajo nombro un representante que será el encargado de realizar las acciones correspondientes.

El principal objetivo de evaluar riesgo es preservar la integridad del ser humano antes que cualquier bien físico, sin embargo, si las instalaciones no presentan las condiciones adecuadas, se convierten en un riesgo potencial; también es cierto que la experiencia del operador para desarrollar sus actividades es una de las principales características que ayudará a prevenir accidentes, la evaluación al interior de las instalaciones en las que desarrolla sus labores deberá ser exhaustiva y predictiva, ya que esto determinara la eficiencia del proceso y la seguridad. La cooperación de los líderes activos de la empresa resultara en la efectividad de los procesos, dando así un equilibrio sustentable para la vida de los trabajadores y el crecimiento de la empresa que interrelacionados generan productividad. Metodologías de trabajo tal como la utilizada para análisis en este artículo, aporta al mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores. Como lo menciona Sánchez (2014), una sociedad puede generar desarrollo y competitividad social si consigue que el trabajo sea un catalizador de las capacidades y libertades de sus individuos. De esta manera, contar con un trabajo y con las prestaciones que conlleva, tiene un efecto en otras libertades y capacidades del ser humano. Así, el trabajo es positivo para la salud, el nivel de conocimientos o el acceso a recursos de las personas, entre otros aspectos, lo que permite su desarrollo humano y laboral, y las vuelve más competitivas socialmente, pues están dotadas con más capacidades y libertades reales para perseguir y conseguir el tipo de vida que consideren valioso.

## Referencias

Bestraten Bellovi, Manuel (agosto de 2017), NTP 238, Los análisis de peligro y operabilidad en instalaciones de proceso. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_238.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_238.pdf)

Estrella Suarez, María Verónica. & González Vázquez, Arturo. (2014) "Desarrollo sustentable" Grupo editorial Patria, ISBN 978-607-438-904-3 Azcapotzalco, México D.F.

Flores, J. (Enero de 2013). *Identificación y evaluación del riesgo HAZOP*. Obtenido de <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=a981ceffe39a51110VgnVCM100000dc0ca8c0CRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado, Carlos. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Editorial Mc Graw Hill. ISBN 978-607-15-0291-9

Sánchez Rodríguez, Jesús Sergio; Luyando Cuevas, José Raúl; Aguayo Téllez, Ernesto; Picazzo Palencia, Esteban; (2014). El desarrollo laboral sustentable y su relación con la migración interna en México. *Región y Sociedad*, XXVIMayo-Agosto, 29-61.