


# Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Univers...

Efren Prado

## Related papers

[Download a PDF Pack](#) of the best related papers 



[WONDERWARE SYSTEM AND INTOCUH](#)

Pedro Trivino

[Fieldbus and protocols in industrial networks](#)

Abel Ramos López

[Paper in industrial automation](#)

Eduardo Martinez

# Implementación de la norma ISA 101, sobre las HMI, pertenecientes a los módulos de instrumentación de la Universidad ECCI

Edward D. Bohórquez<sup>1</sup>, Efren A. Prado<sup>2</sup> y Mario F. Ramirez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> edwardd.bohorquezj@ecc.edu.co, Dirección de programa

<sup>2</sup> efrena.pradom@ecc.edu.co, Dirección de programa

<sup>3</sup> fherodhin@hotmail.com, Dirección de programa

**Resumen—** Resumen- El presente artículo aborda el proceso que se desarrolló para el diseño e implementación de la norma (Estándar) ANSI-ISA 101 para el diseño de un HMI (por sus siglas en inglés Human Machine Interface) de alto desempeño, sobre los módulos de instrumentación industrial de la universidad ECCI, sede Bogotá. Además, muestra algunos de los aspectos claves de la misma, su rango de aplicación y la importancia que tiene para el proceso formativo de los futuros ingenieros electrónicos y mecatrónicos de la facultad.

Las HMI (interfaz hombre máquina) han estado siempre relacionadas con las investigaciones en torno al control, monitoreo y modelado de procesos en el sector industrial, como se observa en múltiples estudios documentados en espacios académicos como los artículos de la sociedad IEEE, estudios de tesis a nivel de pregrado y de posgrados y congresos que abordan esta temática. Las HMI de alto desempeño son el fruto de estudios realizados por más de 12 años sobre diferentes modelos de interfaces, que eran manejadas a diario por operarios pertenecientes a diferentes sectores productivos (Refinerías, industria química, minería entre otros); Con el transcurrir de los años estas HMI se han llegado a constituir en un elemento clave para los sistemas SCADA (por sus siglas en inglés de Supervisory Control And Data Acquisition), por consiguiente su adecuado funcionamiento ha sido determinante en la vida útil de todo el sistema SCADA.

El diseño de una HMI para los módulos de instrumentación de la Universidad ECCI, responde a la necesidad de ajustarlos a un modelo gráfico que esté acorde con el estándar Internacional ISA 101 recientemente publicado, el cual propende por brindar mejores condiciones de trabajo al operario en un ambiente que le demande menor desgaste visual, con un menor consumo de máquina y en un entorno de trabajo más seguro. De esta manera los estudiantes podrán realizar unas mejores prácticas de laboratorio, que les permitan integrar los aprendizajes adquiridos durante su proceso formativo. Gracias a la calidad de los equipos con que se cuenta en la Institución, la implementación de esta solución tecnológica se realizó sobre el software TIA Portal V15, un PLC Siemens S7 1200 y un panel HMI BASIC KTP600 touch de Siemens.

**Palabras clave—** Palabras Clave- Control, Estándar, HMI, Instrumentación, PLC, SCADA.

**Abstract—** *This article addresses the process that was developed for the design and implementation of the (Standard)ANSI-ISA 101 for the design of a high-performance Human Machine Interface on instrumentation modules at ECCI University, Bogota. In addition, the implementation shows some of the key aspects of it, its range of application and the importance it has for the training process of future electronic and mechatronic engineers of the faculty.*

*The HIM (Machine Man Interface) have always been related to research around the control, monitoring and modeling of processes in the industrial sector, as seen in multiple studies documented in academic spaces such as the articles of IEEE society, undergraduate and graduate-level thesis studies and congresses addressing this topic. High-performance HMI are the result of studies carried out for more than 12 years on different interface models, which were handled daily by operators belonging to different production sectors (Refineries, chemical industry, mining among others); Over the years these HMI have become a key element for SCADA systems (Supervisory Control And Data Acquisition), therefore their proper functioning has been decisive in the lifespan of any SCADA system.*

*The design of an HMI for the instrumentation modules of the ECCI University, responds to the need to adjust them to a graphic model that is in line with the recently published International ISA 101 standard, which is intended to provide better conditions work for the operator in an environment that imply visual impairment, with lower machine consumption and in a safer working environment. In this way students will be able to carry out best laboratory practices, which allow them to integrate the learnings acquired during their training process. Thanks to the quality of the equipment available in the Institution, the implementation of this technological solution was carried out on the software TIA Portal V15, a Siemens S7 1200 PLC and a HMI BASIC KTP600 panel touch Siemens.*

**Keywords—** Control, Standard, HMI, Instrumentation, PLC, SCADA.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento aborda el proceso que se siguió para diseñar e implementar una solución tecnológica basada en la Industria 4.0 que permitiera manejar Interfaces Hombre máquina (H.M.I) de alto desempeño sobre los módulos de Instrumentación de la Universidad ECCI, con base en la norma técnica ANSI-ISA 101. Esta llamada cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 está marcada por la aparición de nuevas tecnologías como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología y el Internet of Things (IoT), entre otros y con el pasar de los días ha ido cobrando fuerza la idea de que para no quedarse de esta nueva tendencia, las organizaciones deben identificar las tecnologías que mejor se adaptan a sus necesidades e invertir en ellas de lo contrario corren el riesgo de perder parte de su mercado y con el tiempo desaparecer.

En la actualidad se habla de industria 4.0 la cual está fuertemente soportada en los desarrollos tecnológicos de mediados del siglo XX (el desarrollo del transistor), la integración de los avances en electrotecnia, la electrónica de potencia, los avances en computación, la redes de datos y los dispositivos de instrumentación que han dado paso a los equipos que se ofrecen comercialmente en la actualidad. La revolución industrial en el siglo XVIII también abrió la necesidad de medir y monitorear las variables físicas del proceso, esta necesidad cada vez resultó más grande, para finales del siglo XX por ejemplo "la industria de las refinerías necesitaba medir las señales (de diferentes dispositivos de instrumentación) que podían ir desde unos cuantos miles hasta cientos de miles, y lo más importante en tiempo real dadas la condiciones inherentes a los procesos petroquímicos[4]".

En la industria siempre se ha buscado que los procesos productivos sean seguros, confiables y altamente productivos, por eso la tendencia es automatizar los procesos; se entiende un proceso de automatización industrial como aquel que "consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano"[9], las implicaciones de esta definición es que las variables de proceso deben estar concentradas en un PC industrial, o un controlador que bajo una lógica de programación responde de forma autónoma a las posibles eventualidades que se puedan presentar durante el tiempo que la planta esté en operación. Para llevar a cabo esta labor es necesario una inversión de recursos financieros, un análisis general del funcionamiento de la planta y un plan de trabajo que se debe contemplar desde el nivel administrativo hasta la planta, lo que se puede resumir en la llamada pirámide de automatización (Fig.2), soportada en el modelo piramidal que estableció la ISO (International Standard Organization) en los años 90,

Cabe destacar que en el tercer nivel de esta pirámide aparecen los sistemas SCADA que responden a la necesidad de conocer y monitorear las señales del proceso, porque la seguridad de la planta y del personal dependen de la supervisión, control y manejo de contingencias; ahora bien existen dos usuarios para los cuales es indispensable esta

información el primero es el operario en planta y el otro es un usuario remoto que por lo general está en los nivel 3 y 4 de la pirámide, el obstáculo más importante que se presenta es identificar cuál puede ser el mejor diseño o el más pertinente para presentar esta información de forma gráfica, reconociendo que se debe garantizar que la información que el usuario ve es verídica, clara, precisa y en tiempo real. Inmersas en los sistemas SCADA se encuentran las HMI (Human Machine Interface) que son el medio por el cual la información que se obtiene del monitoreo de las señales de la planta se presentan visualmente a los operarios; es así como el estándar ANSI-ISA 101 propone las mejores prácticas para el diseño e implementación de una HMI de alto desempeño. Si se desea normalizar el sistema sobre este estándar es necesario tener un adecuado conocimiento del proceso a simular, para el caso de los módulos de Instrumentación con los que se cuenta en la Universidad se hizo necesario establecer los componentes y funcionalidades del mismo, a partir de una imagen como se muestra en la (Fig 1), en donde se observa que el sistema cuenta con 3 tanques cilíndricos interconectados, una electrobomba, un mezclador y la respectiva instrumentación para la medición de temperatura, caudal, nivel etc.

Y a partir de esta información junto con el levantamiento de un plano se procedió a realizar el diagrama P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) sobre el cual se pudo identificar el hardware e instrumentación instalada al interior de los módulos, gracias a ello se pudo identificar cómo se da el flujo de información a través del sistema, los equipos que pertenecen a un mismo lazo de control y otros datos indispensables para el diseño de una HMI, así como el procedimiento a seguir para su mantenimiento y posibles modificaciones o actualizaciones que se le pueden realizar en el futuro. ¿Cómo debe diseñarse la interfaz hombre máquina? el estándar brinda una serie de recomendaciones las cuales se sugieren ser seguidas para obtener un mejor desarrollo del proyecto, se puntualiza sobre varios aspectos que se deben considerar importantes, los cuales son: el uso de colores, la saturación de gráficos, las configuración de alarmas, la simplicidad de la interfaz entre otros. Con estos requerimientos se facilita la implementación del estándar al proyecto debido a que será más detallada la información a presentar. Cabe resaltar que se trabajó con el software de la empresa Siemens (TIA Portal V15) donde se diseñó la interface HMI y presentar el alcance del objetivo.



Fig. 1: Módulos de instrumentación Universidad ECCI

## 2. METODOLOGÍA

El diseño de interfaces hombre máquina es un tema ineludible cuando se está proyectando automatizar un proceso sea este de tipo continuo o en Batch, en ambos casos se requiere tener un medio a través del cual el personal autorizado pueda mantener constante monitoreo visual y control sobre los procesos Industriales y la planta. Algunos documentos alojados en la IEEE relacionados con el tema son los siguientes artículos: HMI usando OPC [2], desarrollo de HMI/SCADA para una planta de destilación [11], Tecnologías WEB en la industria HMI [7], también se encontró el congreso internacional “HMI 4.0 – Future Trends in Human-Machine Interaction” [9] que se ha realizado desde 2016, adicionalmente existen patentes relacionadas con las HMI no directamente con la parte de visualización sino sobre modelos de arquitecturas y estructuras para monitoreo remoto de señales y control remoto de dispositivos, otras en el diseño de HMI con realidad aumentada etc; los fabricantes de dispositivos de control también tienen sus propios equipos de ingeniería trabajando con el objetivo de responder a las expectativas de la industria actual con software y hardware especializado.

El proceso en el cual se soporta el desarrollo de la HMI para los módulos de instrumentación de la universidad ECCI está fundamentado en el reconocimiento de los aspectos técnicos propuestos en la norma ISA 101, también sobre otros conceptos teóricos relevantes e imprescindibles para la comprensión global del tema y buscando responder a los criterios y necesidades de la Industria 4.0.

A continuación se presentan los aspectos técnicos y teóricos en relación con el objetivo de diseñar la HMI de alto desempeño; es importante aclarar que la creación de una interfaz HMI no solo radica en la visualización de los valores de las variables de proceso en una pantalla, la razón de una HMI de alto desempeño acorde con las exigencias de la industria actual, es responder a criterios tales como eficacia de la los niveles de alarmas, la presentación (diseño intuitivo), organización de la información, su almacenamiento, gráficos de tendencias, y el histórico de eventos relevantes presentados en el nivel de campo, sensores y actuadores (Nivel 0 de la pirámide de automatización) y lo más importante minimizar la posibilidad de error humano. A continuación, se presenta información de los referentes conceptuales que se tomaron como insumo para el diseño del prototipo tecnológico y la metodología que se siguió para su desarrollo e implementación:

### A. Pirámide de Automatización

El modelo piramidal es una representación gráfica (Fig.2) por medio de la cual se logra concentrar por capas agrupando los componentes que intervienen en el proceso de automatización[2]. Con este modelo se puede identificar que la información que se recoge a través de los dispositivos de instrumentación y actuadores en planta no sólo es relevante en el nivel donde se producen sino que a medida que asciende y escala esta información se va depurando

y clasificando, de este modo adquiere valor, de tal forma que permite tomar decisiones en las áreas de producción, mantenimiento y administrativas.

Los equipos en campo capturan la mayor cantidad de información del proceso, la cual es reportada al nivel inmediatamente superior (Nivel 2) de control, debido a que en este nivel están dispuestos los PLCs y por jerarquía son los encargados de la toma de decisiones; en el nivel de control emerge la necesidad de disponer de un medio HMI (para analizar desde una pequeña celda de proceso hasta un modelo de planta) de manera centralizada. En los años 80 se disponía de centros o salas de monitoreo en las cuales se tenía todo el control a través de interruptores y medidas en indicadores de marcación analógicos, en las plantas actuales estos centros de monitoreo se componen de un PC industrial y varias pantallas donde se puede ver por completo y en detalle el estado actual del comportamiento de la planta.

El bloque base de la pirámide corresponde con los niveles 0 a 2, sobre estos niveles recae la operación de la planta, los niveles MES y ERP son de carácter administrativo; sobre el nivel 3 recaen la toma de decisiones de mantenimientos, ajustes a la producción y cambios y ajustes técnicos de la planta productiva[8].

En el nivel superior se toman las decisiones gerenciales, en este nivel no se contemplan aspectos técnicos de la planta, acá se establecen los flujos de dinero, destinación de presupuestos para proyectos que optimicen la planta, estrategias comerciales para el cumplimiento de metas y demás aspectos comerciales,



**Fig. 2:** Pirámide de Automatización

### B. Sistemas SCADA

El sistema SCADA se haya ubicado en la posición N°3 de la pirámide de Automatización, este básicamente se encarga de realizar la supervisión y control de los equipos que ejecutan y controlan automáticamente de forma centralizada las actividades de la planta o industria[5]. Un sistema SCADA tiene injerencia en dos redes distintas, dentro de su jerarquía inicia en la redes de datos industriales, donde el centro de acopio se define como RTU (Remote terminal Unit), y estas a su vez le responde a otros equipos en la red

corporativa que se denomina MTU (Main terminal Unit).

Como se expresó anteriormente existe en un SCADA las redes administrativas y las redes de control de proceso, en ambos casos debe existir una herramienta HMI que tiene como finalidad generar ese aspecto de supervisión y control acorde a las exigencia que el nivel demanda, organizándose así como una arquitectura representativa (Fig.3). Los módulos de instrumentación de la universidad ECCI tienen la posibilidad de establecer un SCADA a escala, que posee una HMI capaz de generar la supervisión de variables a medir y el control (PLC) de actuadores y posibles procesos a implementar.

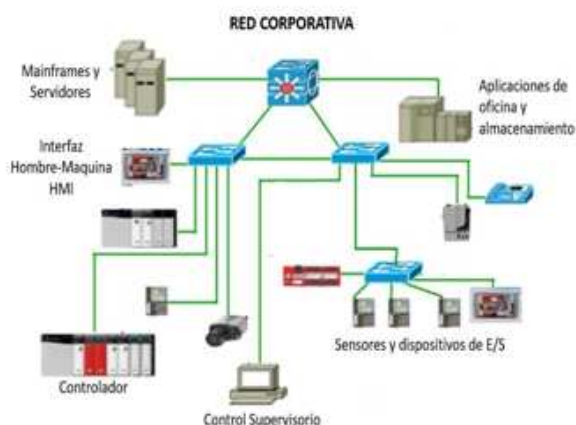


Fig. 3: Mod. completo de un sistema SCADA

### C. Las HMI (Human Machine Interface)

Históricamente hablando no existe una fecha exacta para indicar sus inicios, pero sí es claro decir que en el transcurso de la historia siempre el ser humano ha buscado hacer más fácil todas sus tareas o trabajos y con el avanzar de la industria electrónica permitió la integración de grandes bloques de control en pequeños equipos capaces de ejecutar HMI con esto reduciendo el tamaño y brindando al operario la posibilidad de supervisar un gran número de elementos de campo, sin que esto le conlleve años de formación en el reconocimiento del funcionamiento de la planta.

Existen varias definiciones para HMI, no obstante para el desarrollo de este documento se tomará la definición que se encuentra en los documentos asociados a la sociedad internacional de automatización ISA alojados en su sitio web: “La interfaz humano-máquina (HMI) es la colección de pantallas, gráficos de visualización, teclados, interruptores, y otras tecnologías utilizadas por el operador para monitorear e interactuar con el sistema de control (típicamente DCS o SCADA)[8]”, con base en la definición anterior se redefine el concepto de HMI como los elementos de software (gráficos, lógica de programación) y hardware (dispositivos de visualización, switches, entre otros), que le permiten al humano y la máquina interactuar con el sistema de control en cualquiera de sus tres formas de operación automático, semiautomático y manual.

Su importancia radica en que, la información obtenida de los procesos se transmite entre los operadores y las máquinas,

siendo un facilitador para esta comunicación, brindando la posibilidad que se dé así un monitoreo y control adecuado de los procesos.

Siempre para el desarrollo de las HMI se hace necesario tener el plano P&ID, porque el diseño de la interfaz no se hace directamente como un trabajo de campo (Planta), sino que los ingenieros con base en la información de los planos realizan el modelo, sobre diferentes tipos de software en muchas ocasiones estos son proporcionados por el mismo fabricante de los PLC y los dispositivos de visualización (Displays touch, monitores). Para este proceso de implementación del estándar ISA 101 en las HMI de los módulos de instrumentación de la universidad ECCI se realizó el plano P&ID siguiendo la norma ISA 5.1 la cual “funciona a nivel mundial, se desarrolló para unificar los símbolos y la identificación de instrumentos / dispositivos de proceso. Este estándar se utiliza para elaborar varios documentos, tales como: Diagrama de flujo y mecanismos de proceso, diagramas de sistemas de control de instrumentos y Identificación de todos los instrumentos en el proceso, así como las funciones individuales de cada control”[4]. Esta norma permitió generar un plano esquemático detallado de los módulos previamente orientado para su interpretación y configuración.

### D. Estándar ANSI-ISA 101

El desarrollo del estándar da herramientas a las personas involucradas en el diseño e implementación, además de una serie de lineamientos que al ser seguidos se reconocen como buenas prácticas para la presentación de la información en una pantalla.

“El estándar aborda la designación, implementación y mantenimiento de Interfaces hombre-máquina (HMI) para la automatización de procesos, proporciona orientación para diseñar, construir, operar y mantener una eficacia en la HMI que resultan en un control más seguro, más efectivo y eficiente del proceso, tanto en situaciones normales como anormales.[6]” Con esta idea general se puede llevar a cabo esta implementación en cualquier proceso, ya que brinda la garantía de tener procesos más eficientes de mayor seguridad y calidad puesto que la información se presenta de la mejor manera y puede ser procesada para toma de decisiones más acertadas en cuanto a mejoras y mantenimientos de procesos se refieran, dichos datos pueden estar dirigidos a usuarios los cuales estarán directamente involucrados con el proceso y su operación, a diseñadores que en su mayoría son ingenieros dedicados a integrar este tipo de tecnologías a la industria, o porque no a vendedores los cuales usan como estrategias la información para las ventas.

Los beneficios involucrados con la aplicación del estándar en un proceso, trae consigo la reducción de tiempos en ejecución, se minimizan los recursos en materia de capacitación demostrando más eficiencia para el operario, evitando errores comunes y todo esto afecta en buena manera las economías de las compañías.

El estándar no define estrictamente pasos a seguir, pero si genera ciertas pautas que de una u otra manera guían

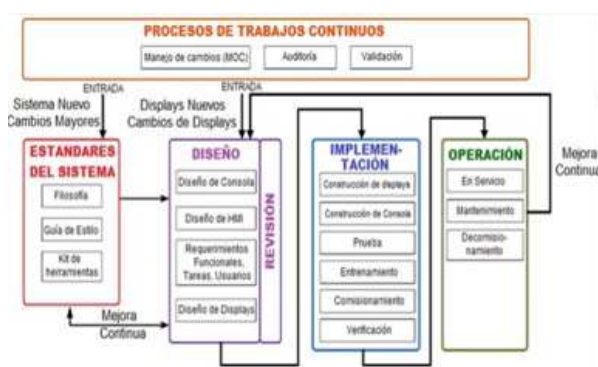


el proceso para llegar a obtener un buen resultado ya que los integradores de estas tecnologías son personas ajenas al proceso que en muchas ocasiones lo que hacen es entorpecer las decisiones del operario ya que lo aturden con muchas variables y estadísticas a identificar en pantallas ocasionando errores muy comunes por confusión o distracción. En este documento se organiza por etapas de manera resumida dichas pautas para una mejor comprensión.

ETAPA 1: En esta primera parte se define, la HMI a trabajar, teniendo en cuenta su referencia, resolución y todo lo referente funcionalidad y conectividad, permitiendo conocer el tipo de dispositivo con el que se trabajará y que alcances se tendrá con el mismo.

ETAPA 2: Es importante conocer el proceso, el cual enviará la información a la interfaz y del que se tendrá control y adquisición de datos. Con el esquema P&ID, se conoce al detalle los elementos y equipos que componen el proceso y el correcto flujo de datos durante su funcionamiento, con esto se puedan identificar alarmas y defectos en la variación de información en el proceso.

ETAPA 3: la importancia de la norma se encuentra en esta etapa sin quitar peso a las etapas anteriores, el estándar habla de acudir a varios documentos desarrollados y estudiados por los colaboradores de ISA 101 que deben ser seguidos ya que entablan un ciclo de desarrollo a tener en cuenta para la implementación de estándar en una HMI para mejorar su rendimiento, esto se resume en 4 fases del ciclo de vida: la primera fase es el diseño estándar del sistema, segunda el diseño de interfaz, tercero la implementación y posteriormente la operación, como se muestra en la (Fig.4). Se observa en la imagen el recorrido entre cada fase del ciclo y las debidas retroalimentaciones que pueden generarse, demostrando la flexibilidad del estándar.

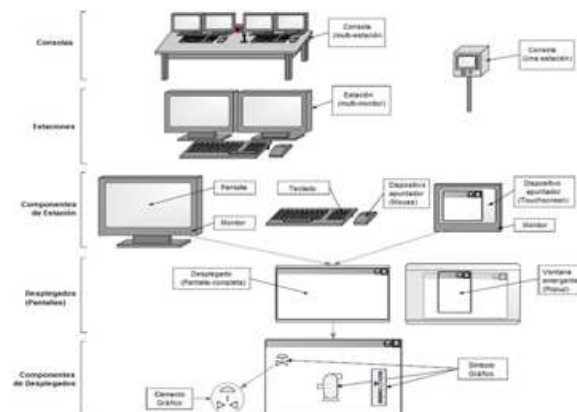


**Fig. 4:** Modelo gráfico de la norma ANSI-ISA 101 Lifecycle[1]

- **FASE # 1: ESTÁNDARES DEL SISTEMA**  
**FILOSOFÍA DE LA HMI:** Para iniciar el proceso de implementación del estándar, la filosofía de diseño nos lleva a considerar varios aspectos conceptuales para el desarrollo de un proyecto en integración de una interfaz en un proceso; es importante tener claro a los usuarios que va dirigido, la parte psicológica que implica respaldar su desarrollo, los requerimientos que

serán soportados por la interfaz, las buenas prácticas de trabajo, y los modos de operación a manejar.

GUÍA DE ESTILO DE LA HMI: La norma en este documento invita al diseño de una plantilla de la interfaz teniendo en cuenta los conceptos obtenidos de la filosofía de la HMI y un esquemático previo del proceso, para ello el apoyo en los planos P&ID, que resume la cantidad de elementos, la relación entre ellos y da pautas para saber la información más relevante que debe ser mostrar, además brinda información de alarmas pilotos y una serie de elementos de seguridad y protección que el usuario debe tener presentes para la operación y supervisión del proceso, orientando de esta manera al diseño de una interfaz más consciente al comportamiento psicológico de dichos operarios o personas que se encontraran involucradas con la pantalla, basados en la definiciones básicas de una HMI en cuanto a su composición como se muestra en la (Fig.5), destacando que estas estas interfaz las se podrán encontrar en: consolas, estaciones, componentes de estaciones, monitores y pantallas touch con sus respectivas ventanas principales y emergentes que contienen sus símbolos o elementos o gráficos.



**Fig. 5:** Términos seleccionados de la HMI y sus interrelaciones.

**KIT DE HERRAMIENTAS:** Se rige por presentar los posibles software a usar para el diseño de la interfaz teniendo en cuenta, la información recopilada en la filosofía de diseño y la guía de estilo de la HMI previamente desarrolladas, implica conocer el entorno de programación y desarrollo, junto con el conocimiento completo del proceso a simular las alarmas a identificar y los modos de operación a relacionar.

- **FASE # 2 DISEÑO:** Se analiza la información del diseño de sistema de la HMI, con esos soportes se puede iniciar el desarrollo de la interfaz en el software, teniendo claro todos los datos como requerimientos para la construcción, modos de operación, el plano tiene un papel importante puesto que puede ser tomado como un borrador o una base para iniciar. Se entiende que es importante resaltar información como el entorno donde se encontrará la interfaz puesto que puede ser

afectada por la iluminación, temperatura o sonidos que pueden hacer deficiente su funcionalidad, así también tener presente los sistemas informáticos que pueden ser soportados para el proceso que se quiera presentar en la interfaz, adicional a esto la funcionalidad que contempla los modos de operación que deben ser descritos y así detallar según el proceso roles que indican qué tipo de información emplea la interfaz según el usuario. Con lo anterior ya es posible realizar un borrador de la interfaz con la información recolectada y organizada, para dar rendimiento a la entrega y visualización de datos en el proceso.

- **FASE # 3 IMPLEMENTACIÓN:** En este punto ya se entra en materia en el software, con la intención de ver cómo el usuario verá la información que se muestra en pantalla, se evalúa si es precisa y requerida la información y si cumple con los requerimientos previamente estudiados. En este punto es importante contemplar todas las pruebas realizadas tanto en la simulación y sus resultados como en los procesos físicos corriendo en tiempo real, esto con el fin de documentar todas esas observaciones que lleva al producto final que en últimas instancias será materia de capacitación para todo el personal que esté en relación con dicha interfaz. Cabe resaltar que cada compañía tiene sus protocolos de verificación de la interfaz puesta en campo, esto implica el tiempo en el que se encontrara a prueba y los cambios que se generarán sobre la misma.
- **FASE # 4 OPERACIÓN:** Esta última fase del proceso incluye todas las actividades de monitoreo, actualizaciones y mantenimiento de la HMI puesta en servicio, donde el operario entra en contacto con la misma y puede dar observaciones directas del funcionamiento, con la intención de que todas las modificaciones estén llevadas a cabo por el plan de mejoras de la compañía y así el equipo de mantenimiento genere una copia de respaldo de cualquier configuración, e información que se tenga antes de ser intervenida.

### ***E. Ingeniería de factores humanos(HFE) y ergonomía***

Los puntos mencionados a continuación se trabajan de manera paralela durante todas fases del ciclo de vida de una HMI, ya que para su efectivo diseño se tienen muy en cuenta las capacidades y limitaciones cognitivas y sensoriales de los usuarios de la HMI .

- El diseño de la HMI muestra compatibilidad con la operación principal del usuario.
- HMI debe tener coherencia en su visualización la interacción del usuario.
- La HMI debe basarse en los requisitos de la tarea y las necesidades del operador.
- Las funciones HMI deben ser intuitivas para el usuario.
- La HMI debe permitir tareas relacionadas con los modos de operación comúnmente esperados, incluidas

las condiciones anormales (por ejemplo, el manejo de alarmas).

- La HMI debe proporcionar información o controles apropiados para la tarea.
- La información de respaldo debe estar fácilmente disponible para el usuario.

En cuanto a ergonomía el diseño debe estar pensado en la fatiga visual del operario contemplado en entorno en el que se encontrara y posibles limitaciones que afectarán su desempeño, además es importante tener en cuenta los colores usados ya que deben ser presentados al usuario de tal forma que no perjudique sus actividades generando confusiones, por ende el estándar para esto se apoya en la norma ANSI/ISA 18.2 que habla de la filosofía de alarmas y reiteró que los colores no deben ser usados en otros dispositivos dentro de la visualización, los contrastes deben ser moderados para que los cambios de colores atraigan la atención del operario y la densidad de información presentada debe ser acorde a la percepción de usuario.

Para terminar lo que indica el estándar ISA 101, se mencionan apartados de Estilos de pantallas y estructuras HMI haciendo referencia a lo mencionado en la guía de estilo de una HMI, agregando que se debe mostrar al usuario una jerarquía en las ventanas de pantallas para que este escale por niveles y reconozca prioridades y responsabilidades en el proceso. La interacción con el usuario es otro ítem que se describe en el estándar con información de la primera fase del ciclo de vida una HMI, enfocándose en la manera como el operador interactúa con la pantalla, como se le presenta la información de proceso, las pantallas emergentes, los avisos de alarmas , el ingreso de datos, la navegación sobre el panel y lo intuitivo que debe ser, entre otros aspectos que se consideran importantes para el usuario.

### ***F. Múltiples formatos de HMI***

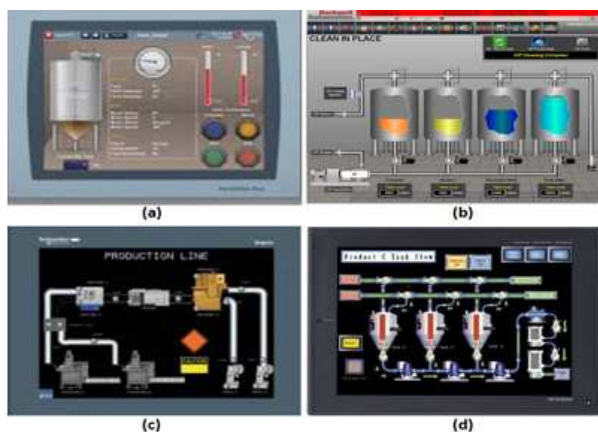
La diversidad de empresas fabricantes de equipos para control industrial ha conllevado a que también se adopten filosofías en relación a cómo cada uno define, los alcances y desarrollan la estructura jerárquica que requieren sus HMI, todo esto derivó en distintos formatos para la creación de interfaz hombre máquina.

Los desarrollos entorno a las interfaces van orientados a tener mejores diseños, modelos más realistas, pueden estar sujetos a manejo condicionado del color y contrastes, tipografías, pop-up (ventanas emergentes), es importante resaltar que también sus características de funcionamiento se sustentan en el trabajo de ingenieros que evalúan el desempeño de sus HMIs en campo.

Algunos grandes fabricantes ya tienen los gráficos prediseñados los cuales son incluidos en los software corporativos que venden con sus equipos, otros buscan symbol factory como herramienta para realizar la misma tarea y alcanzar el objetivo de disponer de una HMI para sus proyectos (Fig.6).

Es claro que ningún fabricante pone reglas fijas entorno al

manejo del color, esto porque la mayoría de las pantallas actuales tienen la posibilidad de como mínimo manejar 256 hasta 64.000 colores según la referencia para pantallas de en campo, ya en cuartos de control se pueden disponer de monitores de alta definición que pueden llegar hasta 250 mil colores, con las imágenes de ejemplo se puede ver que las posibilidades son diversas, que el estándar ANSI ISA 101 es una herramienta adicional para la elaboración de HMI de alto desempeño, su justificación está en la tabla.1 la cual muestra los resultados comparativos entre una HMI tradicional y una HMI de alto desempeño.



**Fig. 6:** HMIs de (a)AllenBradley[], (b)Rockwell- Automation[10], (c)SchneiderElectri[12], (d)Mitsubishi- Automationi[9].

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de diseño e implementación sobre los módulos de Instrumentación de la Universidad ECCI se realizó a través de las 3 Etapas establecidas en el estándar ANSI-ISA 101, y a continuación se presenta una breve descripción de la forma como se desarrollaron cada una de ellas.

ETAPA 1: Se encontró en los módulos de trabajo, una pantalla HMI basic KTP600 de SIEMENS de 6 pulgadas con resolución de 320x240 píxeles de 256 colores y pantalla táctil retroiluminada, que permite la comunicación con el PLC. Identificar procesos (Alimenticios, químicos,) que sean susceptibles de ser realizados y visualizados acorde al

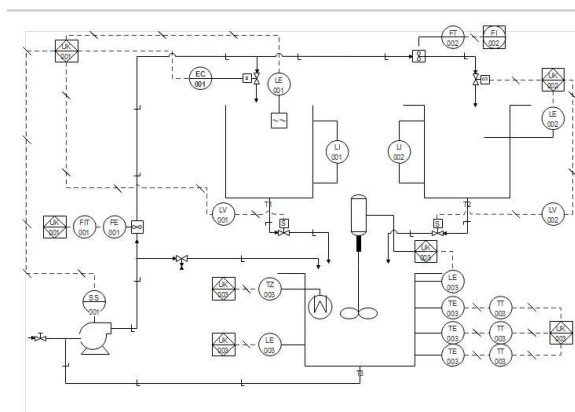
**TABLA 1:** RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE UNA HMI TRADICIONAL Y UNA HMI DE ALTO DESEMPEÑO.

Task	With "Traditional" HMI	With High performance HMI concepts	Improvement
Detecting Adnormal Situations Before Alarms Occur	10 %	48 %	A 5X increase
Success Rate in Handling Before Alarms Occur	70 %	96 %	37 % over base case
Time to Complete Adnormal Situation Task	18.1 min	10.6 min	37 % 41 % reduction

hardware instalado en los módulos, además identificando las posibilidades y restricciones.

ETAPA 2: En los módulos de instrumentación, los cuales disponen de una configuración flexible entre sus elementos (sensores, actuadores) y dispositivos (tanques). Se identificaron los elementos e instrumentos como: las electroválvulas, termostatos, RTD, PT100, sensor ultrasónico, celda de carga, sensores de nivel, bomba, variador, agitador e indicadores. Dentro de los dispositivos tenemos todo lo referente a su estructura contando con tanques de aproximadamente 20 litros de capacidad, interconectados con tubería PVC, de  $\frac{1}{2}$  y 1 pulgadas de diámetro.

En el plano P&ID (Fig.7) se representa de forma esquemática la relación entre elementos, el cual es de gran ayuda para determinar el flujo de información que se quiere en los diferentes procesos que se pueden realizar en los módulos.



**Fig. 7:** Digrama P&ID DEL modelo.

ETAPA 3 Se destacó la importancia en relación al estándar, se aplicaron las fases de forma detallada en la aplicación de la norma sobre los módulos de la universidad ECCI.

#### ■ FASE #1 ESTÁNDAR DEL SISTEMA.

Se enfocó en el análisis de la información que exigen los tres documentos de la norma ISA 101, el antes de iniciar, el diseño, los aspectos de una interfaz; a continuación se muestran los datos resultantes contemplados para el proyecto.

**FILOSOFÍA DE DISEÑO:** Como los usuario de la HMI de los módulos son estudiantes de la universidad ECCI, establecemos condiciones generales y normales entorno a la percepción psicológica de esta población (la cual no puede ser analizada por el gran número y porque no es el objetivo de este trabajo) sin embargo esa información es importante para el diseño de la interfaz en condiciones de operación reales, porque de allí se puede determinar los niveles de interacción y determinar su alcance de desarrollo; se reconoce que la experiencia que van a vivir los usuarios con la interfaz. derivado de que es un ambiente de formación, será de orden didáctico y demostrativa en gran proporción por



la aplicación del estándar. **GUIA DE DISEÑO:** Para los módulos de instrumentación de la universidad se levantó el plano que nos muestra la distribución de elementos, sensores y actuadores del proceso (P&ID), obteniendo como resultado que las fallas que se pueden presentar están asociadas a fallas en los actuadores como la bomba o las electroválvulas, y alarmas por los niveles de los tanques y temperaturas, al ser monitoreadas posibilitan establecer los niveles que activan las alarmas. En este apartado resaltaremos el espacio físico donde se encuentran los módulos, el cual cuenta con iluminación óptima, un espacio libre para transitar además los estudiantes están muy cerca a las interfaz, en la cual se trabajó para que se destaque por la simplicidad en la pantalla, evitando usar colores fuera de la norma. **HERRAMIENTA:** Para la implementación se uso el TIA Portal V15, el cual tiene un entorno de software que permite la visualización de la pantalla HMI, sirve de simulador y de esta manera permite realizar modificaciones y ajustes tanto offline (sin tener que ser cargado directamente al dispositivo) como en línea y se logró observar el cambio del diseño de la interfaz.. Cabe indicar el contenido de la librería de la norma ISA la cual tiene los símbolos gráficos (Fig.8) como plantillas para que el proceso de diseño sea ágil y ajustadas con estándar.

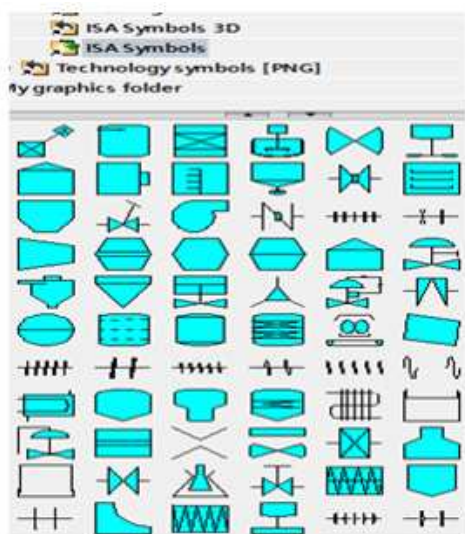


Fig. 8: Librería ISA en Tia Portal V15

#### ■ FASE #2 DISEÑO.

Se realizó un dibujo inicial el cual sirvió de base como plantilla para ver la simulación de la interfaz, así se obtuvo una idea previa de lo que se busca como objetivo y se procedió a planear todo el tema de visualización uso de colores, las alarmas, sensores, actuadores y demás cosas que se necesitaron representar, el modelo previo de HMI que se tenía de los módulos estaba diseñado con los elementos gráficos que trae por defecto el software de Siemens (Fig.9)

Como se puede ver en la (fig.10) que es la interfaz

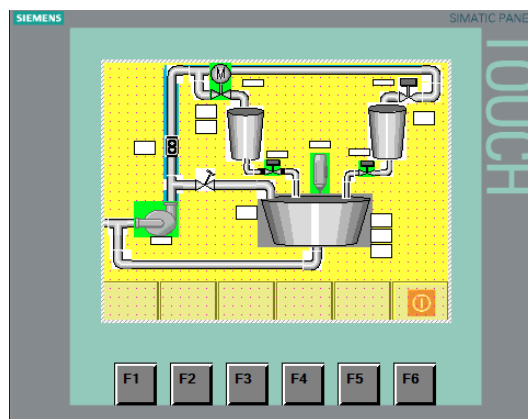


Fig. 9: Modelo gráfico inicial del módulo de instrumentación.

previa no corresponde a las condiciones que establece la norma ISA 101, tampoco significa que sea incorrecta sino que no es un interfaz que pueda clasificarse como de alto desempeño.

#### ■ FASE #3 IMPLEMENTACIÓN.

En esta fase se trabajó en el desarrollo completo de la interfaz con el software, con la intención de llevar el diseño a una pantalla real y ver cómo el usuario ve la información que se muestra, luego de su implementación se evaluó si el diseño expone la información adecuadamente y si se cumplió con los requerimientos previamente estudiados en la norma.

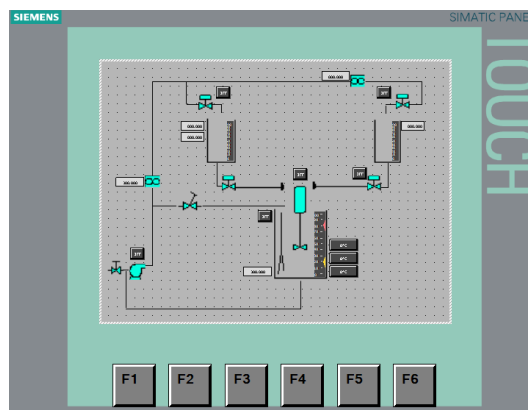


Fig. 10: (HMI según estándar ISA 101, implementada en los módulos de instrumentación.)

La interfaz resultante (Figura 10) muestra la interfaz hombre máquina con los colores ajustados a la norma, el gráfico en general no tiene colores que saturan y tiendan a fatigar la vista del usuario, permite trabajar un proceso sin animaciones de elementos móviles, solo la transición de color en general se aplicó la norma acorde a su filosofía.

## 4. CONCLUSIONES

- Es importante resaltar que las HMI de alto desempeño en comparación con las convencionales, está pensada en los operarios y su interacción con ellas, para dar mejor respuesta a los niveles más altos de la pirámide

de automatización encargados de tomar decisiones administrativas que rigen el éxito de una compañía.

- La implementación de una HMI de alto desempeño que se realizó esta en el nivel 1 de control, se puede llevar esta implementación a un sistema SCADA en un trabajo futuro que busque poner en red los módulos de instrumentación, sus PLCs como RTUs y montar un pc que haga las veces de una MTU de nivel de red corporativa para diseñar un HMI que se diseñe también conforme a la norma pero que presente la información que se obtiene en el nivel de sensores y actuadores de cada celda de proceso (módulos de instrumentación).
- El diseño de una interfaz con base en estándar ISA 101, agiliza el monitoreo de alarmas puesto que el fondo y los elementos generan un bajo contraste, las únicas animaciones que se permiten son para representar situaciones anormales, las cuales deben ser fácilmente identificables.
- La KTP600 cumple con las características técnicas de rendimiento, para nuestro proceso es importante resaltar que ésta pantalla cuenta con una alta velocidad de actualización, mostrando la información suministrada, debido al diseño simple que se generó aplicando la norma en sus gráficos se obtuvo una interfaz intuitiva de esta manera se contrarresta la posibilidad del error humano en gran medida debido a confusiones o distracciones por la densidad de la información mostrada.
- La implementación de la norma en cualquier proceso, trae consigo la ventaja de llevar a la tendencia de la industria 4.0 las tecnologías inmersas en el mismo, esto aumentando la eficiencia y respuesta de sistemas automatizados.
- Al hacer uso exclusivo de elementos gráficos de los elementos en dos dimensiones y no realizar animaciones aumenta el rendimiento de los equipos de control en la medida que al no demandar recursos del procesador, le permite responder rápidamente a otras tareas lo que termina disminuyendo el tiempo en la transmisión de datos a los dispositivos de control.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal del Seminario internacional Enfocado a sistemas Inteligentes, robotizados, Industria 4.0 y control de Procesos por lotes, los cuales motivaron para el desarrollo de este artículo, también a la universidad ECCI sede Bogotá por permitirnos trabajar sobre los módulos de instrumentación.

## REFERENCIAS

- [1] AllenBradley. “Nuevo terminal operador PanelView Plus 7 Performance”. En: <https://www.infoplc.net/noticias/item/103044-panelview-plus-7-performance> (2015).
- [2] M. R. Anwar y col. “Human Machine Interface Using OPC (OLE for Process Control)”. En: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1564766&isnumber=33211> (2004), págs. 35-40.
- [3] M. en C. y CCST Armando Morales Sánchez. “Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015: Interfaces Humano-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos”. En: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/02/12/caracteristicas-del-estandar-ansi-isa-101-01-2015-interfaces-humano-maquina-para-sistemas-de-automatizacion-de-procesos/> (2019).
- [4] M. Díaz Carugo. *La refinería inteligente del futuro*. Junio 2013, págs. 76-88.
- [5] “Estándar ISA-5.1”. En: <https://kb.elipse.com.br/en/library-instrumentation-v1-0/> (2019).
- [6] Mesa Internacional. “ISA 101 and HMI Workshop”. En: [https://yokogawausersconference.com/uploads/3/1/8/5/3185440/mesatutorial\\_\\_isa101\\_hmiworkshop.pdf](https://yokogawausersconference.com/uploads/3/1/8/5/3185440/mesatutorial__isa101_hmiworkshop.pdf) (2012).
- [7] Antonio Ortiz Islas. “Ciberseguridad en Redes de Control Industrial (SCADA)”. En: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2017/09/22/ciberseguridad-en-redes-de-control-industrial-scada/> (2017).
- [8] E. Perez Lopez. “Los sistemas SCADA en la Automatización Industrial”. En: (2015), págs. 3-15.
- [9] Micro. “Automatización y Control, Micro Grupo internacional”. En: (2019), pag. 2.
- [10] Mitsubishielectric. “Human-Machine Interfaces (HMIs)-GOT”. En: <https://www.mitsubishielectric.com/fa/products/hmi/got/index.html> (2019).
- [11] Matthias Peissner. “HMI 4.0 – Future Trends in Human-Machine Interaction”. En: [https://worldusabilitycongress.com/wuc\\_event\\_2016/wednesday-software-smart-factory/hmi-4-0-future-trends-in-human-machine](https://worldusabilitycongress.com/wuc_event_2016/wednesday-software-smart-factory/hmi-4-0-future-trends-in-human-machine) (2016).
- [12] RockWell. “What are Human Machine Interfaces and Why Are They Becoming More Important”. En: <https://www.machinedesign.com/iot/what-are-human-machine-interfaces-and-why-are-they-becoming-more-important> (2015).
- [13] “SCADA/HMI Development for a Multi Stage Desalination Plant”. En: (2009).
- [14] schneider. “Magelis™ Human/Machine Interfaces”. En: <https://www.schneider-electric.us/en/search/HMI> (2019).
- [15] M. Toghraei. “Principles of P&ID development: the tips provided here will streamline efforts to develop piping & instrumentation diagrams”. En: (2014-2019), pag. 62.