

**CONCEPTUALIZACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES
HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO,
PARA LA EMPRESA OMNICON S.A.**



**LISSETH XIOMARA VILLA ORDOÑEZ
SANDRA XIMENA MEDINA ZEMANATE**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2015**

**CONCEPTUALIZACIÓN DE UNA GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES
HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO,
PARA LA EMPRESA OMNICON S.A.**



**LISSETH XIOMARA VILLA ORDOÑEZ
SANDRA XIMENA MEDINA ZEMANATE**

Proyecto presentado como requisito para optar al título de
Ingenieras en Automática Industrial

**DIRECTOR:
ING. OSCAR AMAURY ROJAS ALVARADO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2015**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, 14 de Mayo de 2015.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado especialmente a mi madre, por su amor y apoyo incondicional. Porque ha confiado en mí, en mis capacidades y siempre tiene una palabra de aliento. Me ha inculcado muchos valores, pero sobre todo por ser ejemplo de mujer guerrera, ha luchado para que cumpla mis sueños y hoy esté aquí.

A mi familia por su apoyo, cariño y por la fortuna de tenerlos conmigo. Me han enseñado que por más difícil que parezca una situación, siempre habrá una salida y se debe luchar por ella.

A mis amigos y compañeros, porque juntos hemos compartido miles de momentos, unos alegres otros no tanto, pero siempre hemos disfrutado de esta etapa tan única y nos hemos apoyado incondicionalmente. Estoy segura que será una amistad eterna y que nos quedan muchos más momentos por compartir. Les deseo miles de éxitos siempre.

Al ingeniero Oscar por los conocimientos compartidos, por la oportunidad de emprender este sueño y confiar en nosotras.

A OMNICON por permitirnos emprender y realizar este sueño, por su constante apoyo y paciencia.

A todos los ingenieros, profesores y directivos por su apoyo, sus enseñanzas y cariño. Nos han demostrado que vale la pena luchar y que con responsabilidad, dedicación y constancia, se logran los sueños.

Inmensamente agradecida con la Universidad del Cauca, porque me enorgullece haber emprendido un sueño y lograr una meta aquí. Una etapa inolvidable en mi vida, porque ha contribuido en mi crecimiento como profesional pero sobre todo como persona.

Xiomara

Dedicatoria a Dios, por permitirme llegar hasta este punto de cumplir mis objetivos, por fortalecer mi corazón día a día y seguir luchando por lo que quiero a pesar de los momentos difíciles e iluminar mi mente, por la paciencia en los momentos de estrés y por poner personas maravillosas que me han brindado su cariño y apoyo durante este periodo de estudio.

A mis padres Rosa Zemanate (QEPD) y José Medina (QEPD) que desde el cielo me guían, cuidan y se sienten orgullosos de mí, este logro es para ellos por enseñarme que a pesar de las dificultades siempre debes seguir intentando hasta conseguir lo que deseas, gracias por siempre creer en mí y por darme tanto amor. A mi hermano gracias por el apoyo, por tus consejos y por preocuparte por mí como un padre.

A mi novio por la paciencia, amor, comprensión y por encontrar la frase perfecta para alegrar mis días.

A todos mis amigos, compañeros que conocí desde el comienzo de mi carrera por compartir buenos y malos momentos, por brindarme comprensión y apoyarme en todo. A mis profesores por su gran soporte y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; al Ing. Oscar Amaury Rojas Alvarado por su apoyo ofrecido en este trabajo, por su tiempo compartido y por promover el desarrollo de nuestra formación profesional.

Sandra

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente, por darnos la vida, fortaleza y las capacidades para salir adelante con este sueño. Por ser nuestra motivación y apoyo incondicional, porque sin El sería imposible cumplir lo que deseamos.

A nuestras familias, porque son nuestro motor y razón de luchar cada día. Nos han fomentado muchos valores y principios, que hoy nos enriquecen como personas y complementan nuestra formación. Por su apoyo en este sueño y a motivarnos para seguir adelante sin retroceder.

Al ingeniero Oscar, por todo el tiempo y conocimientos compartidos, por confiar en nosotras y apoyarnos en la realización de este sueño.

A OMNICON por darnos la oportunidad de ejecutar este proyecto, por todas las asesorías y conocimientos compartidos, por la paciencia y su ayuda sin condición.

A los ingenieros por los conocimientos brindados y por compartir tantos momentos enriquecedores.

A nuestros amigos, por todo el apoyo constante y disfrutar de este proceso juntos.
A la universidad, por brindarnos el espacio para nuestra capacitación como profesionales y poder decir con orgullo somos ingenieras en Automática industrial Unicaucasas.

Sandra – Xiomara.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION.....	17
RESUMEN.....	20
GLOSARIO.....	21
1. CAPÍTULO 1. CONDICIONES DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN, PARA EL DEARROLLO Y FUNCIONALIDAD DE INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO	23
1.1 HISTORIA DE LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI.....	23
1.2 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y FUNCIÓN DE LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO	30
1.2.1 Claridad.	30
1.2.2 Consistencia.	30
1.2.3 Realimentación.	30
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LAS INTERFACES HMI A UNAS DE ALTO RENDIMIENTO.....	32
1.4 ESTÁNDARES PARA LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.....	33
1.4.1 Norma ANSI / ISA 18.2 – Gestión de Alarma Estándar.....	33
1.4.2 Estándar ISA 101 HMI.	34
1.4.3 ISO 11064.....	34
1.4.4 Human Factors Design Standars (HFDS).	34
1.4.5 Human Interface Design Review Guidelines (NUREG 0700).	34
1.4.6 Man System Integration Standard (NASA – STD - 3000).....	34
1.4.7 GEDIS.	34
1.4.8 EEMUA 201.....	35
1.4.9 Centro de Investigación AMES de la NASA.	35
1.4.10 Orientación del Consorcio ASM – Operador Eficaz del diseño de pantalla.....	36
1.4.11 ASM (2009).....	36
1.5 DISPOSICIÓN DE LA SALA DE CONTROL.....	36
1.6 LO QUE SE ESPERA DE LAS PANTALLAS HMI DE ALTO RENDIMIENTO.	36

2. CAPÍTULO 2. CRITERIOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS RELEVANTES PARA LA ESPECIFICACIÓN DE HMI DE ALTO RENDIMIENTO.	37
2.1 PASOS PARA EL DISEÑO DE INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.	37
2.1.1 Adoptar una filosofía y guía de estilo.	37
2.1.2 Evaluación y referencia de gráficos.	37
2.1.3 Determinación de objetivos específicos de desempeño.	38
2.1.4 Análisis de tareas.	38
2.1.5 Diseño de gráficos de Alto Rendimiento.	38
2.1.6 Adecuación de los nuevos HMI.	39
2.1.7 Rendimiento de las interfaces HMI.	39
2.2 REPRESENTACIONES.	39
2.2.1 Líneas.	40
2.2.1.1 Líneas de proceso.	40
2.2.1.2 Líneas de instrumentos.	40
2.2.2 Textos.	40
2.2.3 Valores.	41
2.2.4 Niveles.	41
2.2.5 Objetos.	43
2.2.5.1 Controladores de proceso.	43
2.2.5.2 Valvulas de control y cierre.	44
2.2.6 Equipos.	45
2.2.7 Comandos e ingreso de datos.	46
2.3 COLOR.	48
2.3.1 Manejo del color.	48
2.3.2 Grado de apreciación del ojo humano.	48
2.4 ALARMAS.	50
2.4.1 Prioridades de Alarma.	50
2.4.2 Métodos de alarma.	51
2.4.2.1 Método 1.	51

2.4.2.2 Método 2.....	51
2.4.2.3 Método 3.....	51
2.4.2.4 Método 4.....	53
2.5 INDICADORES LÓGICOS.....	53
2.6 TENDENCIAS.....	56
2.7 DISEÑO DE PANTALLAS.....	57
2.7.1 Jerarquía de pantalla	57
2.7.2 Diseño del nivel 1.....	58
2.7.3 Diseño del nivel 2.....	59
2.7.4 La importancia de los “interlocks” en las pantallas de nivel 2 y 3	61
2.7.5 Diseño del nivel 3.....	64
2.7.6 Diseño del nivel 4.....	64
2.8 ERGONOMÍA DE LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.	64
2.9 SEGURIDAD DE LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO	65
2.10 EVALUACIÓN Y RENDIMIENTO DE LAS INETRFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.....	66
2.11 MANEJO DE FACTORES PRESENTES EN LAS INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO	66
2.12 SITUACIONES ANORMALES.	67
2.13 ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL.....	67
2.14 SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DE INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.....	68
2.14.1 Siemens.....	68
2.14.2 Rockwell Automation.	68
2.14.3 Delta	68
2.14.4 B&R Automation Studio.	68
2.14.5 Scheneider Electric	68
2.14.6 iFix.....	68
2.14.7 LabView.....	68
2.14.8 SCS - OMRON.....	68

3. CAPITULO 3. GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO	69
3.1 CONSIDERACIONES INICIALES.....	69
3.1.1 Diagnóstico de la empresa.....	69
3.1.1.1 Recepción de la solicitud del cliente.....	70
3.1.1.2 Análisis de la solicitud del cliente	70
3.1.1.3 Firma de acuerdos con el cliente.	70
3.1.1.4 Elección equipo de trabajo para el proyecto.....	70
3.1.1.5 Objetivo de proyecto.	70
3.1.1.6 Alcance del proyecto.....	70
3.1.1.7 Definiciones iniciales para el proyecto.	71
3.1.1.8 Documentación de las decisiones tomadas en el equipo de trabajo.....	71
3.1.1.9 Cronograma de actividades para el proyecto	71
3.1.1.10 Delegación de funciones para el proyecto.....	71
3.1.1.11 Identificación de los requerimientos del cliente y necesidades a suplir	71
3.1.1.12 Identificación de recursos, materiales, materias primas, insumos y residuos del proceso.....	71
3.1.1.13 Prototipo del cliente	71
3.1.1.14 Enfoque hacia un Alto Rendimiento	71
3.1.1.15 Levantamiento de información.	71
3.1.1.16 Ciclo de vida del proyecto	72
3.1.1.17 Cadena de valor general.....	72
3.1.2 Estudio de factibilidad	72
3.1.2.1 Cadena de valor detallada.	73
3.1.2.2 Normas y regulaciones para el proyecto	78
3.1.2.3 Documentos de referencia.	78
3.1.2.4 Elaboración de un documento para el control de cambios en el proyecto	78
3.1.2.5 Análisis de los avances y objetivos del proyecto.....	78
3.1.2.6 Análisis de la comparación de los requerimientos del cliente con su viabilidad	78

3.1.2.7 Elaborar un resumen del proyecto.	79
3.1.3 Ingeniería de detalle	79
3.1.3.1 Requerimientos de las fases de diagnóstico y factibilidad.	79
3.1.3.2 Especificación de diseño.....	80
3.1.3.3 Estándares ISA 88 y 95.	80
3.1.3.4 Supervisión del proyecto.....	82
3.1.3.5 Especificaciones del proyecto.	83
3.1.4 Plan de implementación.....	84
3.2 RECOMENDACIONES	85
3.2.1 Principios básicos de diseño.....	87
3.2.2 Parámetros para un Alto Rendimiento	87
3.2.3 Arquitectura - Jerarquía	87
3.2.4 Distribución de pantallas	89
3.2.5 Navegación entre pantallas.....	90
3.2.5.1 Navegación por botones, menú y sub menú	91
3.2.5.2 Navegación por targets.....	91
3.2.6 Color	92
3.2.7 Texto.....	95
3.2.8 Valores del proceso	96
3.2.9 Tendencias	97
3.2.10 Líneas.....	98
3.2.11 Objetos.	98
3.2.12 Comandos e ingreso de datos	99
3.2.13 Alarmas.	100
3.2.14 Interlocks e indicadores lógicos.	102
3.2.15 Equipos y símbolos.....	103
3.2.16 Faceplates	106
3.2.17 Animaciones.	111

4. CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN DE LA GUIA PRÁCTICA PARA INTERFACES HOMBRE-MÁQUINA (HMI) DE ALTO RENDIMIENTO	112
4.1 ELECCIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO, PARA VALIDAR LA GUÍA PRÁCTICA PROPUESTA, EN LA IMPLEMENTACIÓN DE INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO.....	112
4.2 OBJETIVOS DE LA VALIDACIÓN DE LA GUÍA PRÁCTICA	112
4.3 SOFTWARE ELEGIDO PARA VALIDAR EL CASO DE ESTUDIO, CON LA GUÍA PRÁCTICA PROPUESTA.....	112
4.4 DISEÑO DE LA ACTIVIDAD DE VALIDACIÓN DE LA GUÍA PRÁCTICA PROPUESTA, EN EL CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO.....	113
4.4.1 SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL HMI CON ALTO RENDIMIENTO PARA EL CASO DE ESTUDIO.....	113
4.4.1.1 Pantallas de la interfaz HMI sugerida con Alto Rendimiento.....	113
4.4.1.2 Comparación del antiguo diseño con las nuevas interfaces, siguiendo los principios de Alto Rendimiento.	121
4.4.2 ENCUESTA.	123
4.4.3 Presentación de la interfaz a la empresa OMNICON.	124
4.5 DIFICULTADES ENCONTRADAS AL IMPLEMENTAR LA GUÍA PRÁCTICA, PARA INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO EN EL CASO DE ESTUDIO	124
5. CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
ANEXOS.	

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Clasificación de colores para aspectos técnicos	27
Tabla 2. Gama de colores para la parte psicológica	27
Tabla 3. Colores de identificación para Tuberías	28
Tabla 4. Indicadores referenciados por la guía GEDIS	35
Tabla 5. Efectos psicológicos de los colores.....	49
Tabla 6. Niveles de percepción de colores asociados a un fondo y determinado color	49
Tabla 7. Modelos presentes en la parte uno de la norma ISA 88.	80
Tabla 8. Modelos presentes en la parte uno de la norma ISA 95.	81
Tabla 9. Tipos de pantallas en la arquitectura de un HMI de Alto Rendimiento.....	89
Tabla 10. Niveles en la jerarquía de pantallas de una interfaz HMI de Alto Rendimiento.	89
Tabla 11. Tabla con los colores ideales y usados en Alto Rendimiento	93
Tabla 12. Tabla con los colores ideales y usados, en Alto Rendimiento.	94
Tabla 13. Clases de espesores de las líneas usadas en las interfaces HMI	98
Tabla 14. Tipos de líneas y los elementos a los que se aplica.....	98
Tabla 15. Comandos para las interfaces HMI de Alto Rendimiento.	100
Tabla 16. Método 3 en las prioridades de alarma en un HMI de Alto Rendimiento.	101
Tabla 17. Interlocks de las alarmas en las interfaces HMI de Alto Rendimiento.....	102
Tabla 18. Símbolos para la representación de la principal instrumentación de equipos y eventos, en las pantallas HMI de Alto Rendimiento.	103

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Ventanas básicas en las interfaces HMI	26
Figura 2. Principios básicos de diseño propuestos	27
Figura 3. Especificación del uso del color	28
Figura 4. Ejemplo gráfico que viola muchos de los principios de Alto Rendimiento.....	31
Figura 5. Recipientes en forma 2D versus 3D y sus líneas respectivas	40
Figura 6. Ventana emergente con valores y placa frontal	42
Figura 7. Ejemplo de Prácticas para representar los niveles en los recipientes.	42
Figura 8. Recipiente con su especificación de nivel, combinando tendencias e indicadores analógicos en una sola gráfica.....	43
Figura 9. Un simplificado elemento controlador de gráficos.	44
Figura 10. Funcionalidad del controlador y el uso de Faceplate.....	44
Figura 11. Representación de una válvula simple.....	45
Figura 12. Controlador con múltiples válvulas.....	45
Figura 13. Representación del Estado de marcha de una bomba.	46
Figura 14. Ejemplo de la localización en sinóptico para la entrada de comandos	47
Figura 15. Entradas de comandos.	47
Figura 16. Las sombras de Color gris y el contraste.	50
Figura 17. Vinculación de la información de la alarma.	52
Figura 18. Método 1 para las alarmas.....	52
Figura 19. Método 2 para las alarmas.....	52
Figura 20. Método 3 para las alarmas.....	52
Figura 21. Indicador de una supresión de alarma..	52
Figura 22. Método 4 para alarmas.	53
Figura 23. Vista del proceso de un compresor.	54
Figura 24. Vista de un compresor bajo los parámetros de Alto Rendimiento	54
Figura 25. Mejoras del Indicador analógico.....	55
Figura 26. Temperatura de la columna de destilación.....	55

Figura 27. Indicadores de balance de masas.....	55
Figura 28. Datos junto a su tendencia.....	56
Figura 29. Tendencias variables respecto a una presión	57
Figura 30. Capas de Confirmación	58
Figura 31. Jerarquía para pantallas HMI de Alto Rendimiento	59
Figura 32. Ordenación lógica de una pantalla de descripción del proceso.....	60
Figura 33. Ejemplo de Contenido de una pantalla de descripción de proceso	60
Figura 34. Ejemplo de una pantalla de nivel 2 para un reactor.....	62
Figura 35. Representación de interlock Parte 1.	63
Figura 36. Representación de enclavamiento Parte 2.....	63
Figura 37. Representación de interlock Parte 3.	63
Figura 38. Tabla de diagnóstico para un caso con interlocks de vapor y alimentación.....	63
Figura 39. Ejemplo esquemático de una pantalla de Nivel 3 de un Compresor.....	65
Figura 40. Relaciones de estrés y rendimiento.	66
Figura 41. Cadena de valor de Alto Nivel para elaborar una interfaz HMI	73
Figura 42. Cadena de valor de la Recepción del proyecto de la interfaz HMI	74
Figura 43. Cadena de valor de la Planificación del proyecto de la interfaz HMI.	75
Figura 44. Cadena de valor de la evaluación de cumplimiento del proyecto del HMI.	76
Figura 45. Cadena de valor del modelado del proyecto de la interfaz HMI.....	76
Figura 46. Cadena de valor del diseño de las interfaces en el proyecto del HMI	77
Figura 47. Cadena de valor de la programación de interfaces en el proyecto de HMI.....	77
Figura 48. Cadena de valor de las pruebas y simulación del proyecto de interfaces HMI	78
Figura 49. Ecuación para el control de las acciones	83
Figura 50. Gráfico resumen para el diseño de HMI para lograr un Alto Rendimiento	85
Figura 51. Diagrama de Árbol Causa – Efecto, de las pantallas HMI	86
Figura 52. Principios básicos para diseñar una interfaz HMI de Alto Rendimiento.....	87
Figura 53. Parámetros para lograr pantallas HMI con Alto Rendimiento.	88
Figura 54. Mapa de los niveles jerárquicos de las pantallas HMI de Alto Rendimiento. ...	88
Figura 55. Plantilla para la distribución de pantallas en un HMI de Alto Rendimiento.	90

Figura 56. Navegación entre las pantallas que conforman un HMI de Alto Rendimiento .	91
Figura 57. Navegación por botones en el menú, desde el menú principal a la unidad 1 ..	91
Figura 58. Navegación por Targets, desde la Unidad 2 a la principal.....	92
Figura 59. Adición de colores a la paleta ya establecida.	93
Figura 60. Paleta personalizada con los doce colores de Alto Rendimiento.....	94
Figura 61. Selección del color azul claro al interlock del instrumento 2.....	95
Figura 62. Búsqueda de la pantalla de Configuración del display.	95
Figura 63. Ventana de configuración de pantalla.	96
Figura 64. Tamaño de pantalla personalizado y comprobación del uso del texto.....	96
Figura 65. Ejemplo 1 de las tendencias de HMI en Alto Rendimiento	97
Figura 66. Ejemplificación del uso de líneas en las pantallas de un proceso	97
Figura 67. Librería de algunos objetos usados en HMI de Alto Rendimiento	99
Figura 68. Comandos, vistos en el software de programación del HMI.....	100
Figura 69. Presencia del método 3 de las alarmas en un proceso	101
Figura 70. Comando que permite entrar a la pantalla de recetas.....	106
Figura 71. Faceplate para autotune en el sistema	107
Figura 72. Faceplate para el ingreso de datos.....	108
Figura 73. Modo en el que se encuentra el sistema.....	108
Figura 74. Faceplate para las alarmas del sistema	108
Figura 75. Faceplate para las acciones que se habilitan en una navegación dada	109
Figura 76. Faceplates para determinadas acciones en un dispositivo.....	109
Figura 77. Faceplate para fallas de un dispositivo.	110
Figura 78. Faceplate para indicar el tiempo en que estará activa una alarma.....	110
Figura 79. Faceplate para las acciones importantes en mantenimiento del sistema.	111
Figura 80. Pantalla de inicio de la aplicación, de la interfaz del proceso de caña de azúcar, con Alto Rendimiento.....	114
Figura 81. Pantalla de la vista general del área 1, del proceso de caña de azúcar con Alto Rendimiento ..	114
Figura 82. Área de molinos del proceso de caña de azúcar, con Alto Rendimiento	115

Figura 83. Área del patio de caña del proceso, con Alto Rendimiento	116
Figura 84. Molino 1 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento	116
Figura 85. Molino 2 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento	117
Figura 86. Molino 3 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento	117
Figura 87. Molino 4 del área de molienda del proceso, con alto Rendimiento.....	118
Figura 88. Molino 5 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento	118
Figura 89. Molino 6 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento.	119
Figura 90. Mesas para el ingreso de caña del proceso, con Alto Rendimiento.	119
Figura 91. Picadora y desfibradora del proceso, con Alto Rendimiento.	120
Figura 92. Banda júpiter, del proceso de caña de azúcar, con Alto Rendimiento.....	120
Figura 93. Área de molienda del proceso de Caña de Azúcar	122
Figura 94. Área de caña del proceso de Caña de Azúcar	122

INTRODUCCIÓN

Como primera medida es bueno tener claro el concepto de interfaz, que se define como lo que facilita la interacción entre dos sistemas de diferente naturaleza, como un ser humano y una máquina. Existen cinco tipos de interfaz como lo son las de línea de mandatos, las orientadas a objetos, las de menús, las gráficas y las de usuario. A su vez, las interfaces de usuario se clasifican en Interfaces Hombre – Computador (HCI), Interfaces Gráficas de usuario (GUIs), pantallas de visualización e Interfaces Hombre – Máquina (HMI), que es en las que se centrará este proyecto de investigación.

Teniendo en cuenta la gran preocupación actual por parte de las empresas, a cerca de los errores que se producen en la industria, se puede determinar que la gran causa es el mal diseño de los sistemas de supervisión, y de aquí nace la necesidad de crear HMI más óptimos y seguros. Por otra parte, la mayoría de firmas de ingeniería (integradores de sistemas) caen en costos repetitivos al tener que generar el código fuente desde cero para cada nuevo proyecto, o a la medida de cada ingeniero. Adicional a esto, los esfuerzos de ingeniería dependen de la plataforma a utilizar, repercutiendo en un problema de rendimiento y calidad.

El gerente del Centro de Estudios y Capacitación - Cooperativa CENECOOP R.L de Costa Rica, en su manual sobre el proceso de Calidad plantea que ésta se debe ver desde un punto total que incluye a clientes, proveedores tanto internos como externos, una cultura organizacional, un liderazgo, una planificación y un entorno. Consecuente a esto, la calidad se define como un factor clave que interviene en la competitividad actual y que tiene en cuenta aspectos que son condicionales e influyentes dentro de una organización [1]. Siendo, una organización un conjunto de elementos, que se encuentra formado por recursos humanos, financieros, físicos, y de información; de manera ordenada y regulada por un conjunto de normas y con determinados fines [2]. Igualmente, uno de los catorce puntos referente a la calidad, productividad y competitividad para la gestión planteados por W. Edwards Deming, habla sobre adoptar la nueva filosofía, ya que al encontrarnos en una nueva era económica, cada empresa debe asumir y ser consciente de los retos a los que se debe enfrentar día a día, en donde resulta fundamental que los directivos hagan uso de su liderazgo y se preparen para cambiar [3]. Esto último se ve reflejado dentro de la justificación del proyecto, pues resulta importante generar una nueva tendencia respecto a las interfaces HMI de Alto Desempeño y buscar caminos para adaptarse a las nuevas tendencias globales.

Una interfaz de usuario (GUI) se describe como “la manipulación directa, que utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos, como botones, iconos, fuentes, etc. para representar la información y acciones disponibles, esto le permite proporcionar un entorno visual sencillo que facilita la comunicación del usuario con la máquina” [4]. Esto se comprueba y hace parte de la funcionalidad de las interfaces Hombre – Máquina (HMI). En el documento “*Human Machine Interaction*” de Gunnar Johannsen, los HMI se describen como la interacción y comunicación entre un usuario humano, una máquina y

un sistema técnico dinámico. Por más de 50 años se ha estudiado sobre la interacción y ha ido ganando a su vez un alto valor en el mercado, pues son muy útiles principalmente en la industria, en la medicina y en el transporte [5].

Un punto clave en este avance es relacionar las interfaces Hombre – Máquina (HMI) con las Interfaces Humano – Computador (HCI), las cuales se diferencian en cuanto al tiempo real [5]. Siendo las HCI, parte esencial de grandes sistemas industriales modernos; puesto que proporcionan la información sobre el estado de la planta, parámetros de funcionamiento, permitiendo anular acciones de control y lograr con su implementación unas operaciones más seguras y rentables [6]. Igualmente, es necesario tener presente que un Alto Rendimiento tiene como objetivo mejorar la rentabilidad, productividad, usabilidad y desempeño de un sistema. Algo semejante ocurre con lo que se denomina gráficos de alto rendimiento, puesto que son aquellos que permiten tener un conocimiento del proceso y mejorar la eficacia del operador; es decir detectar las situaciones anormales incluso antes de que ocurran las alarmas, lo que también se ve reflejado en un ahorro económico. Se caracterizan por usar colores limitados, de manera eficiente y consistente, fondos grises, bajo contraste, navegación coherente entre pantallas, sin animaciones excepto para los gráficos específicos del comportamiento de alarmas, proporciona una jerarquía adecuada para la visualización del progreso, medidas de validación y de seguridad [7].

Debido a las anteriores definiciones nombradas, empieza a ser más notable la necesidad de investigar y definir un estándar para HMI de alto rendimiento, que permita validar los tiempos de respuesta, comparar las aplicaciones que se ejecutan en la industria; al igual que lograr controlar el proceso mediante el análisis de cada información obtenida de la interfaz HMI, y así determinar las tareas que se requieren implementar en cada estado del proceso, sin descuidar los objetivos planteados y mejorar el desempeño en general.

Aquí es importante hacer mención de que puede existir una confusión, entre las definiciones de Pantallas gráficas de usuario (GUIs) y las interfaces Hombre - Máquina (HMI), a causa de la manera en la que se presenta este proyecto de investigación. Ya que no se hace mención a la interacción directa con una máquina, cómo se lo esperaría al decir que se propone una guía práctica para interfaces Hombre – Máquina (HMI) de Alto Rendimiento; sino que se limita al entorno gráfico debido a que en el entorno industrial, ésta configuración se conoce como Interfaz Hombre – Máquina (HMI).

Normalmente, cuando las empresas intentan implementar soluciones de sistemas SCADA que mejoren su desempeño, aplican muchos “hardware” y por ello tratan de llevar sus teorías a sus aplicaciones y crear sus objetos de alto rendimiento. Pero es allí donde fallan debido a que cometen errores al diseñar sus pantallas HMI, pues no cumplen con las funciones fundamentales de las mismas de permitir un correcto monitoreo, supervisión, control, manejo de históricos y de alarmas.

Es por ello, que se busca conceptualizar una guía práctica para el desarrollo de HMI de alto rendimiento aplicable a la empresa OMNICON, generando un importante avance en cuanto a las mejoras que conlleva el definir estándares para optimizar las pantallas. Se

considera importante, proteger a los operarios del estrés y evitar distracciones debido a la cantidad de información que se genera, y detectar a tiempo situaciones anormales y de alarma. Es decir, manejar y visualizar sólo la información útil para el control, monitoreo del proceso, y por ende éste sea más seguro. Es significativo establecer normas y definiciones que se utilizarán en el desarrollo del estándar, y al innovar en este aspecto vital para las industrias, se puedan aplicar a la mayoría de proyectos de ingeniería incluidos los de OMNICON. Es conveniente ejecutar pruebas para examinar el cumplimiento del estándar, en donde se logre medir el rendimiento y la simplicidad en cada uno de los procesos al usar estas nuevas interfaces. Pero también poder concluir y comprobar el consumo de los recursos, las normas de regulación, efectividad y eficiencia de los operadores al cumplir cada uno de sus objetivos. Al igual que el monitoreo de cada una de las variables planteadas en cada proceso, su respuesta rápida y oportuna ante situaciones fuera de lo normal. De esta manera, reducir significativamente los errores humanos que puedan llegar a afectar gran parte de la economía de la empresa, pero sobretodo proteger al personal de la misma.

Con esta investigación profunda sobre el cambio de las interfaces comunes HMI y las nuevas de alto rendimiento, se busca difundir y probar que a pesar del uso de gráficos llamativos y llenos de muchos colores, su desempeño no es el mejor. A razón de esto, se afirma que entre más simple sean las interfaces, más fácil será monitorear el sistema y tomar decisiones rápidas con información útil a la mano.

Se plantea, el poder resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué tan factible y productivo es adoptar en la industria, el nuevo enfoque de alto rendimiento para HMI, integrando métodos que contribuyan a su desarrollo, construcción y puesta en marcha? Y para darle respuesta se propone este trabajo de grado. Otros cuestionamientos que surgen, van encaminados hacia ¿Cómo reaccionarían los operarios frente al cambio de las pantallas HMI, por unas de alto rendimiento?, ¿Las empresas si cuentan con toda la información necesaria para el cambio que se avecina frente a las pantallas de alto rendimiento?, ¿Qué motivaciones existen para abandonar las prácticas actuales frente al diseño y monitoreo de pantallas HMI?, ¿Existen limitaciones considerables para el acoplamiento de las pantallas HMI de alto rendimiento en la industria actual?.

Finalmente, se busca generar una guía para que principalmente OMNICON pueda competir con este avance investigativo, pero también proporcionar una herramienta práctica a todas las empresas que quieran estar a la vanguardia y al margen de todos los avances en estas interfaces de alto rendimiento.

Como objetivo general se busca Conceptualizar una guía práctica para la implementación de interfaces Hombre – Máquina (HMI) de alto rendimiento en la empresa Omnicon S.A. Como objetivos específicos se encuentran: Identificar las condiciones de diseño e implementación que actualmente se requieren para el desarrollo y la funcionalidad de interfaces HMI de alto rendimiento. Conceptualizar los criterios técnicos y tecnológicos relevantes para la especificación de HMI de alto rendimiento. Elaborar una guía práctica sobre los procedimientos para implementar Interfaces HMI de alto rendimiento. Validar en la empresa la guía práctica para interfaces HMI de alto rendimiento.

RESUMEN

En los últimos años, ha venido tomando gran auge las interfaces Hombre – Máquina HMI, como consecuencia de los avances tecnológicos y han ido creciendo proporcionalmente a su ritmo. Fueron creadas con el objetivo de supervisar y visualizar lo que ocurre en una planta, pero sobre todo porque es vital controlar las condiciones no deseadas e interpretar cada cambio de manera rápida; permitiendo la ejecución oportuna de acciones puntuales y efectivas. Desafortunadamente, las actividades logradas son casi nulas para todo lo que se necesita, siendo una de las múltiples consecuencias de un mal diseño de los HMI. Ya que al intentar captar la atención del operario con animaciones, se han cometido muchos errores al elaborar los HMI, pues se han cargado las interfaces con muchos colores, números y con todos los detalles que trae la planta real; generando grandes confusiones que han puesto en riesgo la vida del personal y del proceso como tal. Se espera contar con un buen pronóstico que ayude a suprimir la mayoría de errores, al estudiar e implementar el nuevo enfoque denominado de Alto Rendimiento; para que cada proceso cuente con una ejecución de acciones rápidas, efectivas y con visión futurista. Considerando más fructuoso la limitación de los colores, animaciones y acumulación de datos innecesarios, dándole mayor importancia a las alarmas, sus notificaciones, empleo de interlocks, tendencias, *faceplates* y niveles de pantallas. Este es por tanto el tema a profundizar en el proyecto de grado, viendo como un gran avance para la industria, el centrarse en facilitar la extracción de información relevante del proceso y con todo lo captado en un rango de tiempo, lograr anticiparse a situaciones de emergencia y evitar un caos total.

Palabras claves: Alto Rendimiento, HMI, *Interlocks*, *Faceplates*, Alarmas, Niveles de pantallas, colores.

GLOSARIO

CONTROL AVANZADO DE PROCESOS (APC): es el conjunto de métodos que permite la sintonización de controladores y el control predictivo, con base al modelo y a la simulación dinámica de procesos. Proporciona un mejor control, mantiene la operación más cerca del punto de funcionamiento óptimo; es decir, trabaja más cerca de los límites.

CONTROLADOR DE CONSIGNA O SET POINT (SP o S): es el punto de ajuste que se establece bajo ciertos parámetros, para mantener una variable de proceso en un valor deseado. Es el valor al cual el control se debe encargar de mantener la PV.

ERGONOMÍA: es la ciencia que procura adaptar el entorno a unas condiciones óptimas, contemplando aspectos como humedad, temperatura, equipamiento, iluminación, higiene y ruido. Todo para se desarrolle el trabajo con mayor eficacia, sin afectar la salud y garantizando la seguridad del operario, a lo largo del desarrollo de cada etapa del proceso.

FACEPLATE: es la ventana emergente estándar, que ofrece características del proceso mediante etiquetas de funcionamiento o de un instrumento específico. Describe un elemento en el HMI y pueden ser re nombradas durante las operaciones, para monitorear datos, parámetros y estados del proceso.

INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO (GUI): es la interfaz que muestra una representación del sistema de manera gráfica, al igual que la interacción entre los programas, objetos y datos. Permite la manipulación de los objetos y de la información, proporcionando un entorno visual sencillo, que facilita la comunicación del usuario con la máquina.

INTERFACES HUMANO – COMPUTADOR (HCI): interfaz usada para proporcionar información sobre el estado de la planta, parámetros de funcionamiento, permitir anular las acciones de control, lograr operaciones más seguras y rentables. El humano procesarla, evalúa y comunica al computador su decisión, respecto a la información recibida del sistema.

INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA (HMI): es la interfaz empleada para controlar, monitorear, determinar el estado de un sistema de control y de automatización. Permite la comunicación entre un sistema y un usuario. Para que la interfaz funcione bien, se debe tener un conocimiento pleno del sistema.

INTERFACES DE LÍNEAS DE MANDATOS (CUIs): es la primer interacción Hombre – Máquina y como ventajas maneja unas instrucciones concisas y controladas por el usuario. Pero sus desventajas radican en que el usuario debe memorizar diferentes comandos, por lo que sus nombres no serán flexibles y en algún momento tener un significado parecido, generando errores y dificultad en el control.

INTERFACES ORIENTADAS A OBJETOS (OOUIs): se diferencian de las demás interfaces gráficas, por su enfoque hacia una aplicación. Su objetivo es que el usuario enfoque sus labores, pero no en el ordenador, sino que se diseñen y establezcan de tal manera que el sistema virtual, se parezca lo más que se pueda al sistema real y facilite su operabilidad.

INTERLOCK: es un dispositivo de seguridad que se centra, en el análisis de acontecimientos. Está diseñado para evitar estados no deseados o procesos críticos,

protegiendo contra situaciones anormales, al tomar medidas propositivas y una prevención de riesgos.

MODO DEL CONTROLADOR: es el modo en el que opera el sistema y generalmente es Automático (AUTO), manual (MAN), cascada (CAS), pero maneja otros modos.

OBJETOS GLOBALES: son los objetos bases que permiten crear un conjunto de funciones, a los que se le puede generar varias copias y vincularlos en el *display*, pero también variar características, dependiendo de las necesidades. Cada cambio es actualizado en las copias de los objetos. Pueden ser definidos con etiquetas y usando parámetros.

PRINCIPIO DE GUTENBERG: afirma que el movimiento del ojo cuando va a visualizar algo, va desde arriba hasta abajo y de izquierda a derecha. Por lo que la información con mayor relevancia, debe ir en la parte superior, aunque la parte central también es un lugar bastante visible. La parte izquierda es la mejor posición para los gráficos y para la información crítica es importante asignarle un lugar fijo.

PRIORIDAD DE ALARMA: se asignan sobre la base de la gravedad de las alarmas, para el sistema de control, el tiempo de respuesta requerido por el operador y la acción que se espera introducir, para corregir la condición actual.

SCADA: sistemas de control con supervisión y adquisición de datos, que se basa en computadores. Permite supervisar y controlar a distancia, una instalación de cualquier tipo. Sus tareas se relacionan con aplicaciones y software y se realizan desde la pantalla del ordenador. Se puede visualizar cada una de las estaciones remotas del sistema, su estado operativo, situaciones e historial de alarmas, manejo de los datos producidos, variables de control y la posibilidad de actuar sobre algún equipo a distancia.

SISTEMA BÁSICO DE CONTROL DE PROCESOS (BPCS): es dinámico ya que regula y controla el proceso, manteniendo las variables dentro de los valores normales de operación. Opera constantemente para maximizar la producción y la calidad.

SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS): es un sistema de control, generalmente de un proceso o cualquier tipo de sistema dinámico. En el que los elementos no están en la ubicación central, sino que se distribuyen en todo el sistema con cada uno de los componentes.

TARGETS DE NAVEGACIÓN: permite desplazarse hasta el lugar que describe, puede usarse para resolver anomalías. Tiene en cuenta la primera unidad del proceso que corresponde.

TIEMPO REAL: El proceso es el que determina la evolución de las tareas y sus tiempos de respuesta por tanto, los equipos y las aplicaciones deben responder a estos requerimientos en el contexto del sistema.

VALORES DEL PROCESO (PV o P): Variable medida que se desea estabilizar es decir controlar.

1. CAPÍTULO 1. CONDICIONES DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN, PARA EL DESARROLLO Y FUNCIONALIDAD DE INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA DE ALTO RENDIMIENTO

1.1 HISTORIA DE LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI

Hacia los años 1930 se dieron las primeras apariciones de las interfaces de visualización adecuadas en las salas de control, en donde era normal encontrarse con una habitación separada pero cercana al proceso, que contaba con alguna instrumentación agrupada. Años más tarde se efectuó una distribución de manera lógica, en donde se usaba como fondo una representación gráfica de la planta y las alarmas se colocaban en paneles de señalización independientes, lo cual se traducía a una ventaja en cuanto a la vista del proceso, pues era posible conocer su condición de manera simple.

Con los avances tecnológicos se empezaron a generar problemas, pues los instrumentos electrónicos se reemplazaban por neumáticos, los cuales eran bastante complejos de adecuar y combinar con los esquemas de control existentes, creando frustraciones en los operarios. Gracias a la llegada del Sistema de Control Distribuido DCS se minimizaron los fracasos, ya que se podía controlar las señales del proceso mediante una estructura informatizada, los instrumentos físicos se cambiaron por pantallas que contaban con un software para su manipulación y miles de alarmas se podían manejar desde la pantalla.

A pesar de todos estos cambios, los DCS no tenían gráficos personalizados, manejaban fondos negros y bastantes números esparcidos en pantalla, lo que dificultaba la comprensión de los indicadores y limitaba su capacidad. Estas prácticas hacían deficientes a las pantallas, pues no contaban con directrices establecidas y las más comunes se destacaban por el uso inapropiado e incoherente del color. No manejaban tendencias ni contaban con información de las condiciones y en algunos casos sólo el 10% del total de la pantalla se empleaba para mostrar datos, aunque muy mal presentados y el 90% restante sólo se basa en describir los equipos en 3D. Se intentaba cambiar un poco las prácticas, pero lo único que se hizo fue básicamente transcribir los PI&Ds, generando más caos que con el manejo anterior y por la acumulación de datos se creó un ambiente de distracción que no se esperaba, convirtiéndose en un mal diseño de las interfaces Hombre – Máquina y en uno de los principales causantes de accidentes.

Luego, se empezaron a crear gráficos personalizados y se adoptaron imágenes de tipo esquemático con una paleta limitada de colores y con diferentes formas, para presentar recipientes, tuberías, equipos y valores del proceso. La opción de que los elementos cambiaran de forma y de color constantemente, finalmente redujo la funcionalidad de la pantalla. Con esto, los operarios se acostumbraron a ese manejo de elementos, lo que dificultaba el cambio en cuanto al diseño de las pantallas y su familiarización con las nuevas inclinaciones [1].

De estas circunstancias nace el concepto de interfaz, definiéndose como “lo que facilita la interacción entre dos sistemas de distinta naturaleza, generalmente entre el ser humano y una máquina”, permitiendo dar instrucciones a un ordenador mediante teclas de función, caracteres, abreviaciones cortas, etc [2]. Dando lugar a la interfaz de usuario, que es “el conjunto de componentes utilizados por los seres humanos para comunicarse con las computadoras y como ejemplos más comunes se puede mencionar el teclado, el mouse, entre otros” [2]. Los agentes de una interfaz no son una herramienta de manipulación directa, sino un programa que brinda ayuda; por ende, logran leer la entrada del usuario haciendo que trabaje en distintos entornos, adaptándose a situaciones y dedicando tiempo para la solución a cada una. Las interfaces se caracterizan por su autonomía y se clasifican en cinco tipos que son las interfaces de usuario, líneas de mandatos (CUIs), de menús, gráficas (GUIs) y orientadas a objetos (OOUIs) [2].

Para el diseño de las interfaces se han determinado unas reglas que acarrearán el dar un control, reducir la carga de memoria, dar consistencia y atajos para los usuarios frecuentes. De esta manera se puede llegar a diseñar una interfaz mediante nueve pasos, dentro de los cuales se tiene como primera medida reunir y analizar la información del usuario. Como segunda diseñar, construir y validar la interfaz, para proceder a presentar la información, analizar los elementos de diseño de pantalla y percepción visual, audio, animación y diseño internacional [2]. La idea de las interfaces es que se diseñen y establezcan de tal manera que el sistema virtual se parezca lo más que se pueda al sistema real, facilitándole al usuario su operabilidad.

Las interfaces HCI hacen parte de los grandes sistemas industriales modernos y son las encargadas de proporcionar información sobre el estado de la planta, parámetros de funcionamiento; permite anular las acciones de control, alcanzando operaciones más seguras y rentables con su implementación [3]. Mediante estudios se ha comprobado que el ser humano prefiere ver más gráficos y leer menos, es por esto que las pantallas se deben adaptar al operario y trabajar conjuntamente. Afortunadamente, ahora existe como mínimo un computador por usuario, facilitando la interacción y la solución a diferentes aspectos de la vida cotidiana, a diferencia de la antigüedad que había un sólo computador para muchos usuarios [4,5]. En cuanto a esto, EEMUA ha desarrollado una guía en consulta con el Health And Safety Executive británico, orientada a factores de diseño, jerarquías, formato de visualización de la planta, atributos de la sala de control en las pantallas HCI, principalmente para reducir la re ingeniería después de la instalación [6].

La interfaz gráfica de usuario (GUI) se diferencia por ser una “interfaz de manipulación directa, que utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos como botones, iconos, fuentes, etc”, para representar la información y acciones disponibles, brindando un ambiente visual sencillo en referencia a la comunicación [7]. Para desarrollarlas se puede emplear Java, más conocido como el lenguaje de programación orientado a objetos, en donde se maneja una biblioteca de clases y herramientas para la construcción de las interfaces gráficas; las cuales se comportan de una misma manera, independiente de la plataforma en las que se ejecute [8]. Para que el diseño sea adaptable a los usuarios finales, se cuenta con unos referentes como los modelos mentales y los paradigmas [9].

Las pantallas de visualización pueden ser “una pantalla alfanumérica o gráfica, independientemente del método de representación visual utilizado” [10]. En este punto se va a mencionar que existen riesgos al hacer un mal uso de las pantallas, que van desde la fatiga visual y mental hasta los trastornos musculo esqueléticos. Por tanto grupos de profesionales del área de prevención de riesgos laborales del CSIC han desarrollado un manual de buenas prácticas que se puede observar en [11].

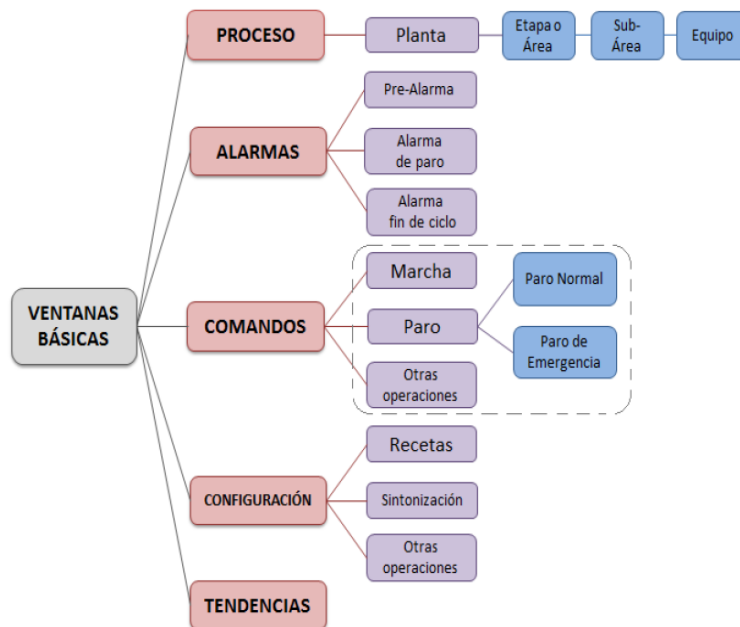
Las Siglas HMI describen en inglés las interfaces Hombre – Máquina, que se entienden como una ventana de un proceso en donde se encuentran dispositivos [12], aunque son más conocidas como el punto en el que un usuario se puede comunicar con una máquina y transmitir información, datos, intuiciones, sensaciones y órdenes; siempre y cuando se tenga un conocimiento pleno del sistema. Se encuentran en el Nivel 2 de la pirámide de Automatización [13], y son empleadas para controlar, monitorear y determinar el estado de un sistema de control y automatización [2]. Este tipo de interfaces ya vino involucrándose más en el ámbito industrial, al tener en cuenta y estudiar no sólo el hardware y el software en función de la interacción, sino los modelos mentales de los usuarios con relación al modelo del sistema, las tareas realizables y la adaptación a las necesidades del usuario y el impacto en las organizaciones [2]. Pero sobre todo por permitir el monitoreo, supervisión, control, manejo de alarmas y de históricos, que en prácticas pasadas había sido dificultoso [2,12]. Esto significa una disminución de la tasa de errores, tiempo de aprendizaje, costos de re diseño, desarrollo, mantenimiento y un incremento en productividad, calidad y efectividad de los usuarios [7].

Ahora bien, en cuanto a las cinco ventanas (Figura 1) típicas de estas interfaces, a los principios básicos de diseño y a las ventanas usadas, se plantea lo que se estudió en una de las tesis [7] de la Universidad Nacional de Colombia en cuanto a las ocho características (Figura 2) irremplazables para construir una buena y adecuada presentación. De estas imágenes se puede concluir que es conveniente saber presentar no sólo la parte gráfica sino también la textual, para facilitar la adecuación de tareas, controlabilidad, tolerancia a errores y aprendizaje. Teniendo una coherencia en el manejo, funcionamiento del proceso, la normatividad de ejecución, a la puesta en marcha, sugiriendo diálogos de texto claros y concretos que aporten a la detección de errores y posibles fallos futuros.

El mapa conceptual de las ventanas básicas es bastante claro, dando a entender que debe involucrar ventanas que permitan ver desde la configuración del proceso como tal, hasta las alarmas que se generan por una mala configuración o accionamiento del sistema. En donde además se debe incluir, definir las etapas y áreas con las que cuenta el proceso, las recetas, la sincronización de todos los componentes del sistema para que funcionen a la par, botones de encendido, paro y apagado [7]. Para que haya una navegación lógica entre las pantallas, se debe contar primero con una correcta distribución de la información dentro de ellas y tener en cuenta el principio de Gutenberg, en el que se especifica que la información con más relevancia debe estar en la parte superior, en la parte izquierda posicionar los gráficos y a la información crítica asignarle un lugar fijo [7]. Y como el objetivo de la navegación es que sin esfuerzo se vaya de un

lugar a otro, las ventanas deben tener menús, sub menús, barra de botones y de íconos gráficos, links con hipertexto y gráficos de proceso, teclas de función y cajas de combo o listas desplegables. Pero todo lo ya mencionado, debe incluirse de tal manera que no se interponga a las situaciones de emergencia, permitiendo el avance o retroceso de ventanas, con un texto claro y conciso [14].

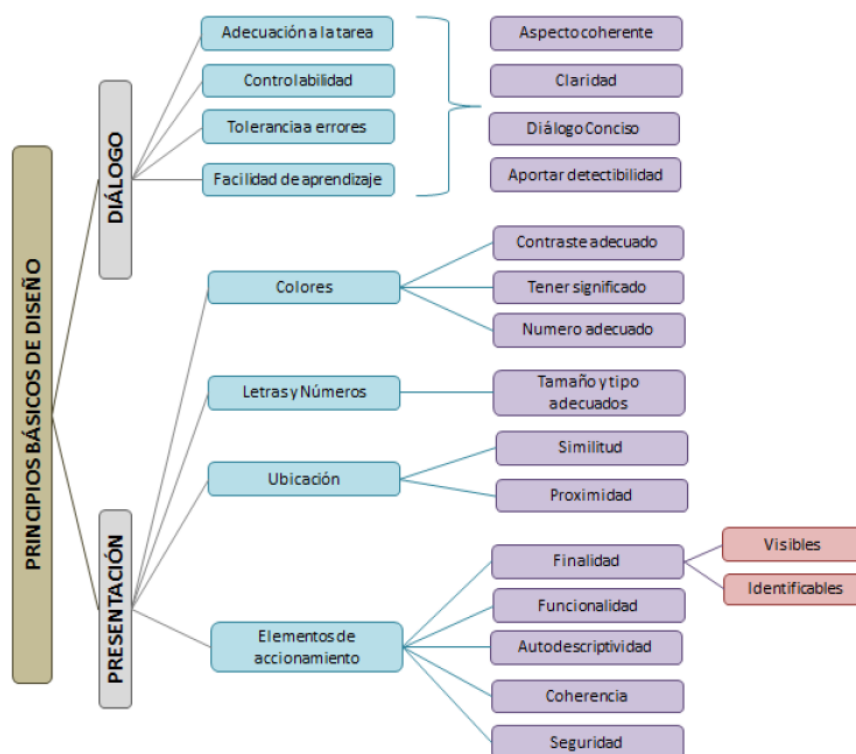
Figura 1. Ventanas básicas en las interfaces HMI.



Fuente: Sandra Paulina Valencia Aguilar, 2012.

En este punto juega un papel fundamental el uso de colores, los cuales deben tener un contraste adecuado dependiendo de la iluminación del recinto en donde se encuentre la interfaz y que cada color tenga un significado, lo que permite saber de manera casi inmediata lo que está ocurriendo en ese momento en la planta. Los números y las letras deben ser de un tamaño adecuado, ni muy pequeño que dificulte su visibilidad ni tan grandes que cansen la vista; establecidos a la par de una correcta ubicación de la pantalla de visualización, sus elementos de accionamiento, que deben tener una finalidad, coherencia y seguridad tanto para el proceso como para el operador. La especificación del uso del color empleada en los HMI tradicional se puede apreciar en la Figura 3, observando los elementos, el color empleado y los rangos respectivos [15]. Aclarando que existen colores ya establecidos para determinar diferentes aspectos dentro de una planta, por ejemplo los colores de seguridad para dar a conocer un uso especial o restringido, el color de contraste que se combina con los de seguridad para resaltar un contenido y mejorar las condiciones de visibilidad; estableciendo una clasificación de colores para aspectos técnicos (Tabla 1), para los psicológicos (Tabla 2) y para la identificación de tuberías (Tabla 3) [16].

Figura 2. Principios básicos de diseño propuestos.



Fuente: Sandra Paulina Valencia Aguilar, 2012.

Tabla 1. Clasificación de colores para aspectos técnicos.

COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE	COLOR DE SIMBOLISMOS
ROJO	BLANCO	NEGRO
AMARILLO	NEGRO	NEGRO
VERDE	BLANCO	BLANCO
AZUL	BLANCO	BLANCO

Fuente: Acuité, 2012.

Tabla 2. Gama de colores para la parte psicológica.

INFLUENCIA PSICOLÓGICA DEL COLOR		
COLOR	IDEAS QUE SUGIERE	REACCIONES PSICOLÓGICAS
ROJO	FUEGO	Peligro, excitación, exaltación.
AMARILLO	SOL	Actividad, estímulo, alegría.
VERDE	MAR	Calma, descanso, reposo, seguridad.
AZUL	CIELO	Frío, lentitud.
BLANCO	LIMPIEZA	Orden, paz, pureza.
NEGRO	SUCIEDAD	Tristeza, abandono, dolor.

Fuente: Acuité, 2012.

Figura 3. Especificación del uso del color.

Fondos de Pantallas				
Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	Rojo/Verde/Azul
Sinópticos de Área y Subárea		Arena	208/204/191	31/37/188
Detalle Máquinas		Verde Oscuro	120/80/90	64/128/128
Menús y Analógicas		Gris Plata	160/0/224	238/238/238
Tablas en Sinópticos		Gris Plata	160/0/224	238/238/238

Estatus de Equipos de Proceso				
Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	Rojo/Verde/Azul
Equipo Parado		Blanco	160/0/240	255/255/255
Equipo Trabajando		Verde	80/240/53	0/113/0

Alarmas				
Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	Rojo/Verde/Azul
Alarma Critica		Rojo	0/240/120	255/0/0
Alarma de Advertencia		Amarillo	40/240/120	255/255/0
Mensaje General		Azul Claro	120/240/120	0/255/255

Materiales de Proceso				
Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	Rojo/Verde/Azul
Gas con Material		Amarillo Claro	40/240/180	255/255/128
Aceite		Café Oscuro	80/240/190	148/255/148
Agua		Verde	80/240/53	0/113/0
Aire		Azul Claro	120/240/120	0/255/255

Señales Analógicas				
Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	Rojo/Verde/Azul
Temperatura		Marrón	0/240/46	98/0/0
Presión, Depresión		Azul Rey	160/240/120	0/0/255
Potencia		Violeta	200/240/60	128/0/128
Caudal		Azul Marino	140/240/60	0/64/128
Velocidad		Verde Oscuro	80/240/53	0/113/0
Otras		Negro	160/0/0	0/0/0

Items Varios				
Item	Color	Descripción	Matiz/Sat/Lum	Rojo/Verde/Azul
Código Equipos Normal		Negro	160/0/0	0/0/0
Botón Confirmar Alarmas		Amarillo Claro	40/240/180	255/255/128
Títulos de Pantallas		Azul Marino	140/240/60	0/64/128
Texto Fallas Críticas		Rojo	0/240/120	255/0/0
Texto Advertencias		Amarillo	40/240/120	255/255/0
Texto General		Azul Marino	140/240/60	0/64/128

Fuente: P. Ponsa, A. Granollers, Universitat Politècnica de Catalunya.

Tabla 3. Colores de identificación para Tuberías.

CONTENIDO DE LA TUBERÍA	COLOR
Agua potable	VERDE
Aguas negras	NEGRO
Agua sistema contra incendio	ROJO
Instalaciones telefónicas	GRIS
Instalaciones eléctricas	NARANJA
Red transmisión de datos	AZUL OSCURO
Líquidos combustibles	AMARILLO
Aire	AZUL CLARO
Conductos de ventilación	BLANCO

Fuente: Acuité, 2012.

Por otro lado, diferentes investigaciones han llegado a la conclusión de que las pantallas deben manejar una dirección constante de flujo, es decir de izquierda a derecha y de arriba abajo, siendo éste el curso de lectura de la mente humana [17]. El uso de texto se reglamenta respecto al de fuentes, tamaños, alienación, espacio, acrónimos y abreviaturas, cuyas directrices se pueden apreciar en [15]. La información del estado de la planta se realiza en un despliegue de datos, bien sean gráficos o mímicos, en tablas o en tendencias, los cuales deben ser clasificados y al poder extraer el significado de la información, los operarios van a poder cumplir con sus objetivos [15]. Los equipos empleados en los procesos se representan mediante símbolos, tienen reglas de presentación para facilitar su visualización y se especifican en cuanto a la simplicidad, tamaño, detalles, figuras geométricas empleadas, bordes, acompañamiento de un texto explicativo y colores [15]. Un ejemplo palpable es la norma ANSI/ISA-S5.5-1985 la cual establece los símbolos gráficos para el despliegue de procesos, en donde se indican las formas sólidas o llenas para estados activos, las formas de contorno para un estado de apagado o no activo y el color de los símbolos para mejorar la percepción de la información [18].

Retomando un poco una característica propia de los antiguos HMI, de utilizar un formato propio para configurar el almacenamiento de la base de datos en tiempo real, se percibe consistentemente el gran avance que se ha adquirido, pues ahora se ofrecen alternativas como las que manejan MS SQL Server [19], Oracle [20], IBM [21], entre otras. Siendo “creadas para almacenar grandes cantidades de datos de forma permanente, los cuales son consultados y almacenados constantemente” [22]. Estas empresas se han dedicado a hacer la vida de muchos usuarios más fáciles, ofreciéndoles herramientas dinámicas y prácticas para el manejo de su información, teniendo en cuenta que se manejan datos bastante importantes, trascendentales y en grandes cantidades [22].

Aclarando con todo esto que no basta con captar y monitorear un proceso, sino que el objetivo y meta es que con toda esa información se hagan baluartes útiles que beneficien el proceso y la empresa; brindando un mejor manejo de históricos, estados y alarmas, que se ven reflejados en el proceso, en la calidad de los productos (si se tienen) pero también en su economía. Un punto importante en el manejo de información es acumular datos que sean prácticos y no acumular por acumular, para no entrar en un círculo vicioso que no hace más que afectar el proceso y distraer a los operarios de las cosas realmente importantes.

En resumidas cuentas, por lo que más se destacan las malas prácticas de HMI es la representación excesiva de los equipos con detalles que distraen, dificultad para leer los números y la información de los estados, inconsistencia en el flujo de proceso, navegación, alarmas y uso del color; falta de contenido jerárquico, tendencias y metodologías de pantalla en donde se muestra el estado del proceso en comparación con las condiciones deseadas. Los accidentes más destacables debido al mal diseño y configuración de los HMI son los de Texaco/ Pembroke/ Reino Unido en 1994, BP Amoco Texas City, máquina de radioterapia Therac-25. Las grandes conclusiones a las que se llegaron analizando lo sucedido, es que las muertes ocasionadas se pudieron evitar ya

que lo que realmente afectó fue la falta de conocimiento y de dinero; pues a pesar de las buenas intenciones no se hizo una inversión ni adecuación en el desarrollo de las interfaces y cayeron en el error de reutilizar las de proyectos anteriores [1].

Con lo que se ha dicho hasta aquí, se analiza que la eficacia y funcionalidad de los sistemas de control usados desde años atrás se deben dejar a un lado, pues son más las desventajas que los beneficios logrados con su implementación y sobre esto se hablará más adelante.

1.2 DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y FUNCIÓN DE LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Se necesitan técnicas para mejorar el rendimiento de los HMI existentes y convertirlos en interfaces de Alto desempeño, es por eso que se han dedicado estudios detallados sobre buenas prácticas, adecuada jerarquía de pantallas y principios básicos acorde al nuevo diseño. Es de gran importancia que el operador tenga un despliegue de la visión general de la planta y de detalles útiles, debido a que el HMI es la herramienta principal para que el operador pueda ejecutar con éxito el proceso, aumentando los niveles de calidad, evitando accidentes, ahorrando tiempo y dinero. Se han encontrado malas y buenas prácticas de diseño industrial en HMI durante los últimos años, sin embargo se pretende tener un efectivo diseño para reducir deficiencias como accidentes, rescatando investigaciones de industrias de aviación, programación y avances tecnológicos. Realizando un conjunto de principios acordes a un diseño que permita al operador interactuar con el gráfico, hacer cambios necesarios en el proceso de forma muy clara, concisa y de fácil retroalimentación, convirtiéndose en los tres principios buscados [1]:

1.2.1 Claridad. Principio que se enfoca en que los gráficos sean de fácil lectura, intuitivamente comprensibles, que muestren el estado del proceso y las condiciones claramente. De igual manera, aquellos usados para manipular el proceso, se resalten, se apliquen de manera coherente, quitando detalles innecesarios sino transmitiendo sólo la información relevante y distinguiendo consistentemente las alarmas e indicaciones de situaciones anormales [1].

1.2.2 Consistencia. Este principio busca estandarizar las gráficas, para que sean simples, intuitivas y que involucren la cantidad mínima de pulsaciones o manipulaciones de puntero. Configurando el HMI para que la navegación sea lógica, jerárquica y orientada a un mejor rendimiento [1].

1.2.3 Realimentación. Idealmente, en todas las situaciones tanto los gráficos como los controles deben comportarse y funcionar consistentemente, minimizando la fatiga del operario por su uso frecuente y mediante mecanismos de confirmación evitar la activación accidental de estados [1].

Al minimizar los errores, se suministra a los operarios información necesaria en un formato claro e intuitivo, siguiendo los tres principios mencionados anteriormente, con los que se desarrollan las normas de diseño y se obtiene un gráfico con una atención dirigida

a la información más crítica, eliminación de confusiones, HMI de fácil lectura, optimización del tiempo y una estructura de pantalla más concisa [1].

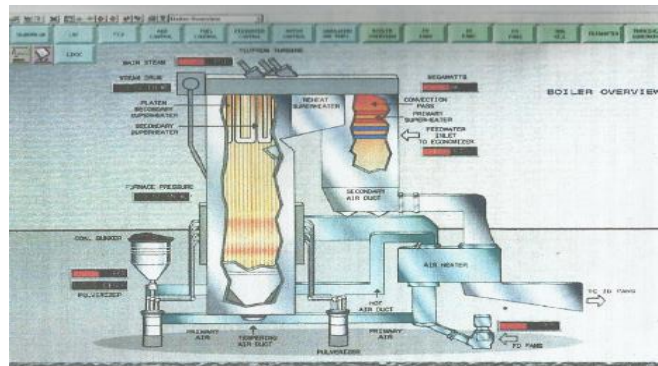
La mayoría de empresas industriales han venido utilizando los P&IDs como herramientas de diseño de procesos, ignorando el hecho de que no constituyen una adecuada base para los HMI, dado que no tienen ninguna jerarquía y presentan una vista plana de todos los elementos del proceso. Sin embargo, para lograr interfaces de Alto Rendimiento, se requiere adoptar algunas de sus características para reconocer a simple vista los gráficos bien y mal diseñados. Estos últimos son fáciles de encontrar ya que no incluyen tendencias, presentan recipientes de proceso con colores brillantes, en 3D y con sombras. Añadiendo animación a los agitadores, bombas, transporte, cuando salpica un líquido, y otros elementos que representan un cambio o movimiento dentro del proceso. Al igual que una descripción detallada de las partes internas de los equipos, codificación del contenido de la tubería mediante colores, textos muy grandes y brillantes para mostrar las unidades de medida, navegación limitada e inconsistencia en la codificación en el uso del color, pues en ocasiones los relacionados con las alarmas son utilizados en otras partes del proceso [1,23].

Por el contrario, los gráficos bien diseñados se caracterizan por su elaboración encaminada hacia lo que se busca fomentar en un alto rendimiento, por ejemplo el nuevo enfoque pretende establecer la representación del estado y los valores del proceso en contexto a la información de dicha pantalla, incorporando indicadores claves de rendimiento (KPI) en las tendencias y un uso limitado de los colores en pantallas, tendencias, equipos y alarmas; los colores usados en las últimas no se pueden emplear en etiquetas de texto, colores de línea ni ningún otro elemento.

Los equipos se representan en 2D y con un bajo contraste, el acceso a las pantallas requiere una mínima pulsación de teclas, las líneas del proceso son grises y su grosor depende de la importancia del flujo, las unidades de medida deben consignarse en letras de bajo contraste e indicando su valor en relación a las condiciones y alarmas, navegación lógica y coherente con una exposición progresiva de los detalles del proceso. Se usan técnicas para la seguridad y validación, un plan coherente del modelo mental de los operarios y su relación con la planta física por encima que con los PI&D y la minimización de las líneas de cruce con un flujo de gas hacia arriba y de líquidos hacia abajo [1,23].

En la Figura 4 se tiene una caldera, la cual es una ejemplificación de la violación a los principios básicos de diseño de los HMI de Alto Rendimiento, pues se nota una acumulación de detalles en las representaciones y en el etiquetado de los elementos internos. Hay una diferencia en la textura de la pared y del piso, convirtiéndose en un fondo mal construido, no hay tendencias ni información acerca del proceso y se nota la cantidad de tiempo dedicado a su construcción, pero que ha sido en vano pues no da información relevante sobre el proceso [1]. Afectando el funcionamiento del mismo, pues no es ni seguro ni rentable operar el sistema con unas herramientas pobres en información para cumplir con los objetivos trazados.

Figura 4. Ejemplo gráfico que viola muchos de los principios de Alto Rendimiento.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LAS INTERFACES HMI A UNAS DE ALTO RENDIMIENTO

Esta sección del proyecto se inicia mencionando la apreciación de Dee Hock en 1929, quien afirma que “El problema no es poner nuevos pensamientos innovadores en la mente, sino cómo sacar los viejos. Cada mente es una construcción llena de muebles arcaicos. Limpia a fondo una parte de tu mente y la creatividad te llenará”. Reflexionando un poco con la anterior frase, se llega al punto de realizar preguntas por el estilo de: ¿Cuál ha sido la inversión para las interfaces? ¿Cuál es el retorno de la inversión? ¿Cuál es el costo dispuesto para involucrar el re diseño de las pantallas de supervisión? ¿Cuál es el impacto del diseño de las interfaces en el rendimiento del operario y en la producción? ¿Es bueno invertir y contar con interfaces que dificulten el funcionamiento y la instalación del mismo? [2]. Para darle respuesta a estos interrogantes, tan sólo se debe citar un dicho industrial que le da respuesta a cada uno de ellos: “Si usted piensa que la seguridad es cara, pruebe tener un accidente” [2]. Convirtiéndose en la justificación de tomar un nuevo enfoque en las interfaces HMI, pues si es posible mejorar la funcionalidad y eficacia al rediseñar los principios, ayudándose de las situaciones de conciencia por parte de todos los trabajadores de la empresa. Las nuevas interfaces se denominan de Alto Rendimiento debido a que facilitan y aumentan el tiempo de respuesta, de ejecución de las operaciones y decisiones en un proceso. Se diferencian por el uso de gráficos de bajo contraste, reducción de animaciones, utilización de una paleta de colores simple, y manejo de tendencias. Permitiendo de este modo, que se logre pasar de un 10% a un 48% en la detección de situaciones anormales antes de que ocurran, de un 70% a un 96% en el éxito de poder manejar las situaciones anormales y el tiempo para completar las tareas en una situación anormal se redujo de 18.1 a 10.6 minutos. Este nuevo enfoque ha incentivado el uso de datos análogos para facilitar la rapidez en su comprensión e interpretación, al igual que evitar las animaciones e imágenes en 3D, incluyendo números en porcentajes para las salidas y manejo de colores brillantes sólo en situaciones anormales. Para probar este efecto en casos reales, el Consorcio y Química Nova, dirigida por ASM (Dirección de situación anormal) realizó un estudio con veintidós

operadores experimentados, a los que se les aplicó una prueba con dos tipos de gráficos: los tradicionales y los que se enfocan en un Alto Rendimiento. La idea era evaluar su tiempo de respuesta y percepción de datos; el resultado fue muy claro ya que al usar HMI de Alto Rendimiento, fueron más los operarios que detectaron consistentemente situaciones anormales antes que se propagaran las alarmas. Cabe señalar que según estudios del Consorcio ASM, más de 20 mil millones de dólares en pérdidas se han estimado sólo en la economía de Estados Unidos debido a situaciones anormales, al igual que del 3% al 8% de la capacidad industrial, pero del 20% al 25% se puede recuperar con una aplicación correcta de los HMI de Alto Rendimiento y métodos apropiados en la gestión de alarmas. Estas últimas se reconocieron como un problema de funcionamiento y de seguridad, pero sólo a partir del 2003 la iniciativa de mejorarlas se llevó a toda la industria [1]. En resumidas cuentas, la justificación clara del cambio en el enfoque de las pantallas HMI se reduce a permitir un funcionamiento sin problemas, eficiente, de fácil detección, diagnóstico y respuesta a situaciones anormales; en un tiempo breve y sin consecuencias contraproducentes en toda la planta aún por mínimas que parezcan. Así que, si se desea saber si las interfaces que se están usando manejan y dan como resultado un Alto Rendimiento, basta con hacerse una pregunta ¿La interfaz con la que se cuenta, es tan consistente y lógica que proporciona toda la información necesaria para tener una operación óptima del proceso? [1].

1.4 ESTÁNDARES PARA LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Realizando una investigación más detallada de los estándares que se enfocan en las pantallas Hombre –Máquina, se puede determinar que no existen estándares ni normas que especifiquen características detalladas a utilizar, aunque si hay algunas recomendaciones y criterios en cuanto al uso medido de colores. Las normas siempre serán importantes para un diseño de interfaces, para que todos los desarrolladores se enfoquen en los mismos criterios, haya una verdadera comunicación entre todos los integrantes de la empresa y se saque el mayor provecho a la información obtenida. Un paso importante en el desarrollo de las interfaces HMI es el enfoque hacia una buena calidad, minimizando las problemáticas existentes y velando por la protección de los operarios. Por otro lado, se presentan algunas normas en cuanto a la ergonomía, iluminación, ruidos, brillos en las pantallas y recomendaciones para la sala de control. Las normas y estándares existentes que más se asemejan al enfoque de Alto Rendimiento son:

1.4.1 NORMA ANSI /ISA 18.2 - GESTIÓN DE ALARMA ESTÁNDAR. Estándar desarrollado con las metodologías propuestas por el ANSI, para las alarmas de los sistemas de control modernos como DCS, SCADA, PLC y sistemas de seguridad. Es aplicado en procesos continuos, Batch, semi batch y discretos. El objetivo principal es mejorar la seguridad del proceso debido a la cantidad de accidentes que se han ocurrido, y en cuanto a los límites retoma los principios utilizados en normas como la del Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS), el Sistema Instrumentado de seguridad (SIS), entre otros [24].

1.4.2 ESTÁNDAR ISA 101 HMI. Dentro de este estándar se “establece normas, prácticas recomendadas e informes técnicos relacionados con interfaces Hombre-Máquina (HMI) en aplicaciones de fabricación y procesamiento” [25]. Su propósito es suministrar elementos para diseñar, operar, implementar, utilizar aplicaciones, tener un control del proceso más seguro, eficaz, eficiente en situaciones normales y anormales. Se definen modelos en cuanto a la terminología y del desarrollo del HMI que permita mejorar la seguridad, calidad, producción a lo largo del ciclo de vida, a la construcción de un diseño más eficaz, consistente, que permita ahorrar tiempo y dinero [25,26].

1.4.3 ISO 11064. Aquí se establecen los principios, recomendaciones, requerimientos, aplicaciones y la ergonomía física para ser destinados en el diseño de los centros de control [27].

1.4.4 HUMAN FACTORS DESIGN STANDARDS (HFDS). Es una “guía de requisitos sobre los factores humanos, aplicable a los sistemas adquiridos y/o desarrollados para la administración Federal de Aviación FAA de los EEUU” [27].

1.4.5 HUMAN INTERFACE DESIGN REVIEW GUIDELINES (NUREG 0700). Fue “desarrollado por la Comisión de Regulación Nuclear de los EEUU, para revisar el diseño desde el punto de vista de los factores humanos de las interfaces Persona –Sistema en general”. Estableciendo “requisitos de diseño para todos los tipos de interfaz persona – sistema de una sala de control de planta nuclear” [27].

1.4.6 MAN SYSTEM INTEGRATION STANDARD (NASA-STD-3000). “Documento generado por la NASA, en donde se “proporciona la información específica para poder asegurar la integración apropiada de los requerimientos de interfaces Persona – Máquina con los de otras disciplinas aeroespaciales” [27].

1.4.7 GEDIS Es la guía ergonómica del diseño de las interfaces de supervisión y ofrece un método de diseño que se especializa en los sistemas de control de supervisión industrial. También se aplica en sistemas de adquisición de datos y control de supervisión SCADA. La guía consta de dos partes, la primera consta de un conjunto de indicadores y la segunda “muestra la obtención de medidas cuantitativas de evaluación de los indicadores para la obtención de un valor numérico final que permita al diseñador y al usuario valorar las posibles mejoras de la interfaz de supervisión, a la vez que permite la comparación con otras interfaces” [27]. En la Tabla 4 se cita la lista de los indicadores, que hacen parte de la primera parte de la guía.

Apoyándose de los indicadores propuestos por el estándar GEDIS, se definen como condiciones de diseño e implementación, la representación de estados, valores, líneas y texto. Una arquitectura, jerarquía y distribución de pantallas. Estados de los equipos, eventos del proceso, comandos, ejecución de operaciones y decisiones; seguridad, tendencias, datos analógicos, colores, equipos, alarmas, gráficos en 2 dimensiones,

navegación e indicadores KPI. Condiciones analizadas a lo largo del desarrollo del proyecto.

Tabla 4. Indicadores referenciados por la guía GEDIS.

INDICADOR	DEFINICIÓN	ENTRADAS	SALIDAS
ARQUITECTURA	Organización jerárquica de las pantallas.	De la planta física a la monitorización gráfica.	Mapa de relaciones entre pantallas y sus funciones.
DISTRIBUCIÓN DE PANTALLAS.	Plantillas de los diferentes tipos de pantalla.	Diseño de los procesos físicos y subprocesos.	Clasificación de tipos de pantallas y tipos de plantillas.
NAVEGACION.	Modos de navegación entre pantallas.	Controles de navegación entre subprocesos.	Navegación equilibrada en anchura y profundidad.
USO DEL COLOR.	Asociación de funcionalidades en el ámbito del control de procesos.	Requisitos sobre dispositivos de información visual.	Uso del color adecuado en el contexto.
USO DE FUENTES E INFORMACIÓN TEXTUAL.	Abanico de fuentes y asociación de funcionalidades.	Fuentes y tamaños legibles por el operario.	Estándares de fuentes, acrónimos y abreviaturas.
ESTATUS DE LOS EQUIPOS Y EVENTOS DE PROCESO.	Símbolos e íconos gráficos para representar el estado de la planta y los cambios de estado.	Estándares nacionales y/o internacionales en control supervisor.	Uso de símbolos e íconos reconocibles por el operario experto.
INFORMACIÓN Y VALORES DE PROCESO.	Presentación de los datos analógicos / digitales en los gráficos.	Procesamiento de la información.	Lista clasificada de las variables del proceso.
GRÁFICOS DE TENDENCIAS Y TABLAS	Presentación y agrupación de valores en gráficos de tendencias (históricos) y tablas.	Procesamiento de la información	Lista de agrupaciones de datos en gráficos y tablas en los sinópticos de proceso.
COMANDOS Y ENTRADAS DE DATOS.	Modo de entrada de datos a la interfaz.	Estándares de diseño de comandos y entrada de datos.	Accesibilidad a la manipulación de parámetros y consignas.
ALARMAS	Características principales del subsistema de alarmas.	Estimación del riesgo.	Listado de alarmas, clasificación por prioridades.

Fuente: P. Ponsa, M. Díaz, A. Catalá.

1.4.8 EEMUA 201. Trata las consideraciones que deben tener en cuenta los usuarios y los operadores de las interfaces Persona – Computador, en donde se puede encontrar las jerarquías y el diseño de visualización, sala de control, etc. Todo para que los sistemas HCI sean más útiles, seguros y rentables. Se utiliza en diferentes procesos industriales, en el “diseño, adquisición, operación, mantenimiento, administración, evaluación y revisión de los sistemas” [28].

1.4.9 CENTRO DE INVESTIGACIÓN AMES DE LA NASA. Mantiene datos de la investigación sobre la ciencia del color y el uso de complicados de pantallas [29,30].

1.4.10 ORIENTACIÓN DEL CONSORCIO ASM - OPERADOR EFICAZ DEL DISEÑO

PANTALLA: fue publicado en el 2008 e incluye directrices para pantallas, navegación, texto, números, la interacción del operador con pantallas, las prioridades de alarma, sonidos, apariencia física, entrenamiento de operadores y la metodología de desarrollo de interfaces HMI [30,31].

1.4.11 ASM (2009). Conferencia en la que se trató temas como la simulación aplicada en el sector de Energía, Modelado en biomecánica, biomedicina y biología. Modelado y simulación ambiental, métodos, herramientas y técnicas de simulación [32]. Las guías ASM, EEMUA 201 y lo contemplado en el libro “*The High performance HMI handbook*” tienen el mismo enfoque y generan gran parte de la información que manejan diferentes manuales, guías e investigaciones. De igual manera, NUREG 0700 y la ISO 11064 cubren los mismos temas, el formato del color, texto y líneas de las pantallas, configuración de la consola, navegación, interacción con alarmas, sala de control, diseño del proceso y evaluación. Otros estándares y guías son: ANSI/HFES 100 (2007), NUREG / CR – 6633, DOT / FAA / TC – 7/11 y EN 894 (-1, -2, -3) [17].

1.5 DISPOSICIONES DE LA SALA DE CONTROL

La sala de control es un factor clave para lograr un Alto Rendimiento, por eso se sugiere invertir en la ergonomía, para buscar adaptar el entorno a unas condiciones óptimas, en las que el ser humano pueda desempeñar su labor con mayor eficacia. Sin descuidar una adecuada gestión de alarmas, seguridad y una correcta comunicación entre los objetivos, procesos y estados

Se necesita tener conciencia de las decisiones y acciones que se tienen en cuenta para mejorar continuamente el sistema, asegurándose de que haya una correcta comunicación de los objetivos, procesos, y estados. Mejorando los conocimientos y habilidades de los empleados, quienes deben trabajar en ambientes adecuados y seguros, apoyándose mutuamente y así poder llegar a innovar en las tecnologías. La sala de control incluye seis áreas prácticas dentro de su filosofía que son: la conciencia situacional, el diseño de las interfaces de usuario, la gestión de alarmas, posturas de funcionamiento, entrenamiento y comunicación [33]. Este tema se aborda con más profundidad en el Anexo A.

1.6 LO QUE SE ESPERA DE LAS PANTALLAS HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

La tendencia hacia un uso de pantallas HMI de Alto Rendimiento con apariencia en la escala de grises, ayuda a destacar las alarmas que son un punto prioritario del proceso, permitiendo su detección oportuna y casi inmediata, captando la atención del operario y facilitándole un despliegue de información relevante, que contribuye a unas acciones adecuadas respecto a las diferentes anomalías que se pueden presentar. Este enfoque es influenciado por los estudios de grupos como el consorcio de Gestión de Situaciones Anormales [34]. Para conocer más información al respecto ver el Anexo B.

2. CAPÍTULO 2. CRITERIOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS RELEVANTES PARA LA ESPECIFICACIÓN DE HMI DE ALTO RENDIMIENTO

2.1 PASOS PARA EL DISEÑO DE INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

La metodología de los siete pasos para un correcto desarrollo de interfaces HMI de Alto Rendimiento es:

2.1.1 Adoptar una filosofía y guía de estilo. Es un conjunto de principios para Alto Rendimiento que detallan la forma correcta de construir y poner en práctica si se requiere un HMI de Alto Rendimiento [23]. Dentro de la construcción de una guía detallada para el diseño de las interfaces HMI, es fundamental especificar los principios y pasos a seguir, conocer el ciclo de vida, diseño, implementación, supervisión, rendimiento y gestión del cambio; logrando de esta manera un correcto control del proceso. Sin descuidar la gran ayuda que puede brindar tanto el personal técnico como los operarios, pues son una parte clave del proceso al tener conocimiento de las operaciones a desarrollar; construyendo la filosofía en conjunto para así evitar conflictos en cualquier parte en el desarrollo o implementación de las interfaces. La guía de estilos se compromete a describir y documentar aquellos elementos a usar en la creación de pantallas, lo que significa el complemento, código software, el comportamiento de los objetos y los elementos estandarizados que se incluyen dentro de la biblioteca. Así, se puede afirmar que la idea de combinar la filosofía y la guía de estilo, en el diseño de los HMI es poder proporcionar información en tiempo real, una pantalla en donde se pueda describir el proceso y resumir la operación, en relación con varios indicadores de desempeño [1].

2.1.2 Evaluación y referencia de gráficos. Es necesario conocer el punto de partida de los gráficos y hacer un análisis de las deficiencias [23], realizando una comparación entre las gráficas tradicionales con las de Alto Rendimiento, en donde el principal factor de diferenciación es el uso de color, pasando de unas interfaces llamativas a unas que son aparentemente aburridas por la reducción de la paleta de colores. La ventaja del nuevo enfoque, aunque no llame mucho la atención por su simplicidad, es dar a conocer un funcionamiento normal, dejando los colores brillantes y la animación sólo para llamar la atención del operador. Estableciendo como atributo principal, el poder conocer a simple vista las condiciones de los estados, reservando el uso de los colores fuertes para indicar alarmas y los colores claros para representar la ejecución de las bombas por ejemplo; pero si llegaran a cambiar a un tono más oscuro a comparación del fondo, se sabrá que se han detenido. Con todo lo anterior, la adecuación a interfaces de Alto Rendimiento permite la transformación de operadores a especialistas de producción; pues con los gráficos anteriores sólo reaccionaban cuando ocurrían alarmas y si éstas no se presentaban, estaban prácticamente ciegos a cualquier tipo de perturbación. Mientras el nuevo enfoque, se pueden ver alteraciones en la medida que ocurran e intervenir antes de que generen más situaciones indeseables [35].

2.1.3 Determinación de objetivos específicos de desempeño. Se determinan los objetivos, metas para el control y todos los modos de operación. Cuyos factores están determinados por los parámetros, límites de seguridad, tasas de producción, longitud de carrera, equipos de salud, control de emisiones para velar por el ambiente, el coste de producción, calidad, y fiabilidad. Aunque se hace muy rara vez, es importante contar con una documentación en donde se describan los objetivos y metas, siendo una parte del estado actual de la mayoría de los HMI [23]. Este paso es significativo, debido a la necesidad de tener un conocimiento profundo del proceso y de las acciones del operador.

Entre tanto, los ingenieros de procesos, de control, de operaciones y los operarios deben participar en la creación de aquella información que se va a consignar y a utilizar por el diseñador del HMI. Estipulando objetivos de desempeño y metas, que son determinadas por factores como la seguridad ambiental, producción de tasas de costos de producción, eficiencia, estado de los equipos, calidad, longitud, equipamiento y fiabilidad. Pero se plantea una salvedad en cuanto a los objetivos de desempeño que se rigen dependiendo del proceso y el modo de funcionamiento, determinando objetivos un poco más específicos. Los modos de operación del proceso pueden ser la puesta en marcha, operación normal, operación parcial, apagado, utilización de materias primas y elaboración de productos alternativos, situaciones anormales y las operaciones activadas después de un cierre de seguridad. Estableciendo métodos para lograr un control, haciendo uso de la observación y/o manipulación de las diferentes variables del proceso, documentando cada uno de los anteriores y estableciendo una base para el proceso global, al igual que para el sub sistema de control de mando [1].

2.1.4 Análisis de tareas. Realizar el análisis para determinar las manipulaciones de control necesarios, para alcanzar los objetivos de desempeño y metas. Es un paso simple que implica la determinación de los controles y medidas específicas para lograr los objetivos de la operación [23]. Es por ello que se concluye que la creación de interfaces HMI de Alto Rendimiento, requiere una comprensión de las tareas obligatorias para conseguir los objetivos de rendimiento de operación, denominada como análisis de tareas [1]. El análisis de tareas puede ser simple y directo, por ejemplo planteándose preguntas sencillas de los escenarios del proceso, tareas del operador y del control en sí. Con ocho tareas típicas que engloban la consigna del controlador y el modo de manipulación, señales de manipulación digital, activación y seguimiento de los sistemas de control avanzados o programáticos. La observación de los resultados de laboratorio, dirección de operadores externos para las tareas que no son automatizadas, la interacción con metas diarias de planificación de producción y sus respectivos cambios, solución de problemas y respuestas a las situaciones anormales. Siendo los gráficos de Nivel 2 el inicio de la manipulación de control, para los cuales se debe enumerar los elementos a observar, las tendencias para cumplir los objetivos de desempeño y las metas, elementos del sistema de control que se deben manipular por el operador para llevar a cabo las tareas [1].

2.1.5 Diseño de gráficos de Alto Rendimiento. Diseñar gráficos de Alto Rendimiento, utilizando los principios de diseño de la filosofía HMI y elementos de la guía de estilo para hacer frente a las tareas identificadas [23]. Asegurándose que los gráficos faciliten la

observación de las variables objetivo y proporcionen acceso a todas las manipulaciones del sistema asociados a su control. El diseñador cumple un papel trascendental en este punto, en donde se realicen pruebas al mismo grupo de personas, efectuadas con los prototipos de gráficos y verificando que no se haya afectado la funcionalidad ni la seguridad. Idealmente, las pruebas deben incluir una situación simulada con los operadores, las cuales son evaluadas para determinar los ajustes necesarios en dichos gráficos [1].

2.1.6 Adecuación de los nuevos HMI. Instalar, poner en servicio y proporcionar la capacitación sobre las nuevas HMI [23]. Es necesario que las versiones instaladas funcionen correctamente en comparación con un entorno de prueba, teniendo en cuenta que pueden existir modificaciones en los gráficos debidas a las etiquetas y configuraciones. Un punto importante dentro de todo el cambio que se pretende incluir en el diseño de las interfaces HMI de Alto Rendimiento, es que no se deseche del todo las viejas interfaces, sino que se adopten como copia de seguridad si se llegase a presentar alguna situación inusual. Capacitando a los operarios en las áreas de las características de los DCS y HMI, la representación de alarmas, anuncios y gestiones, repaso general de los procedimientos operativos del DCS, aspectos de la filosofía de Alto Rendimiento y las razones del cambio junto a sus beneficios. El uso de tendencias, navegación, jerarquía progresiva, gráficos para situaciones específicas, marcha, retroalimentación, mejora continua de los HMI de Alto Rendimiento y el uso adecuado de los nuevos gráficos con sus cambios [1].

2.1.7 Rendimiento de las interfaces HMI. Realizar un control, mantenimiento y re evaluación periódica del rendimiento de los HMI [23]. Luego de la implementación y de varias semanas de uso, es conveniente evaluar a los operadores frente a los cambios y darles la opción de expresar sus sugerencias, analizando de esta manera la eficacia de los nuevos HMI y comprobando que es bueno analizar los trastornos de producción, incidentes y accidentes [1].

2.2 REPRESENTACIONES

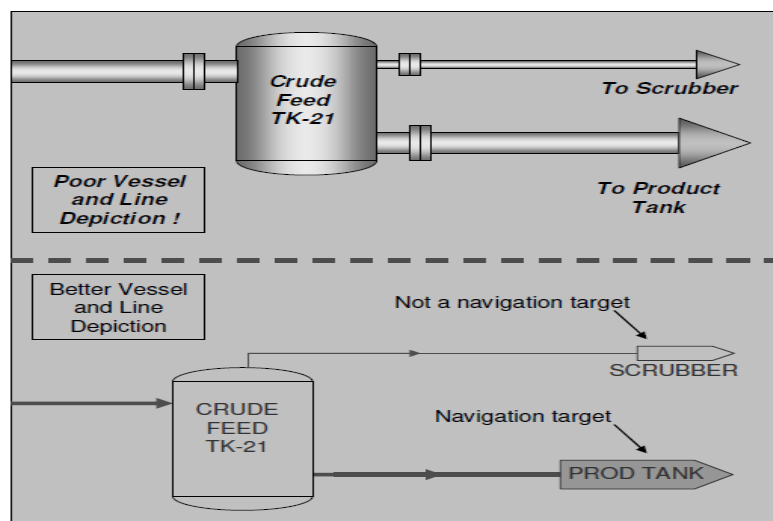
Es importante diseñar los gráficos del proceso midiendo su uso para que no sea excesivo, se pueda designar una serie de características y brindar información, para establecer la representación de cada elemento considerado el enfoque de Alto Rendimiento. El flujo y las líneas del proceso deben representarse de manera consistente y es por eso que se sugiere que vaya de izquierda a derecha, las líneas entrar y salir de forma coherente. Con la salvedad de que los vapores fluyen hacia arriba y los líquidos hacia abajo [1]. A continuación, en la Figura 5 se plantea un gráfico elaborado en 2D comparado con uno en 3D, en donde es posible presenciar las grandes diferencias entre el manejo de sombras, tuberías, líneas de flujo, puntos de entrada y salida. En el gráfico de 2D se plantean targets que permiten la navegación y las que no lo permiten, presentadas como etiquetas de enlace; además de manejar unas líneas de proceso simples que dan la facilidad de captar rápidamente la información en tiempo real. Los gráficos en 3D se caracterizan por

el uso de sombras y una navegación algo confusa. Idealmente, se usarían los gráficos en 2D enfocados a un Alto Rendimiento.

2.2.1 LINEAS. Las diversas líneas que se pueden encontrar en los HMI son:

2.2.1.1 Líneas de proceso. Se recomienda utilizar sin exceder el color gris oscuro o negro, utilizando el espesor para diferenciar significados o representaciones de línea. Las líneas de proceso principales deben ser de 3 pixeles de ancho y las secundarias de 1 pixel, usando flechas para indicar la dirección de flujo. Para que el operador pueda reconocer fácilmente las representaciones, se considera dos o tres tipos de líneas como las sólidas, de puntos, de rayas y un número similar de grosores [1].

Figura 5. Recipientes en forma 2D versus 3D y sus líneas respectivas.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. PAS, 2011.

2.2.1.2 Líneas de instrumentos. Para la conexión del proceso a un controlador se manejan líneas grises oscuras, sólidas y de 1 píxel de ancho. De un controlador a un elemento de control final se emplea una línea de 1 píxel, gris oscuro y discontinuo. Los recipientes son trazados con una línea negra o gris oscuro delgada y sólida. Realizar todo lo anterior sin llegar a saturar la pantalla, ni imitando el P&ID [1].

2.2.2 TEXTOS. Los operadores buscan tener toda la información en una pantalla, pero los gráficos utilizados han reducido el componente de lectura y el tamaño de texto para poder ingresar más datos; teniendo en cuenta que el hecho de tener bastantes datos no significa tener información. Es indispensable por tanto, representar el texto siguiendo unos principios, los cuales se basan en usar color gris oscuro para el texto general, no se permite el uso del negro, no usar la fuente Serif ya que hace el texto menos legible, minimizando la cantidad de palabras pero no eliminándola del todo, sino usarla cuando en un elemento no es evidente su identificación. Se emplea un texto más grande, visible y de fácil reconocimiento del equipo representado, cuando existen equipos duplicados como

reactores, calderas, compresores, entre otros. Se limita el uso de mayúsculas para títulos, etiquetas cortas y nombres de equipos, de lo contrario en el resto de aplicaciones se combina el uso de mayúsculas con minúsculas. El manejo de abreviaturas debe ser coherente y para ello se elabora un glosario o una lista maestra, con la que se facilita la interpretación. El tamaño del texto tiene que estar acorde con el tamaño de la pantalla, el ángulo, la colocación, la densidad en pixeles, entre otros factores que se han estudiado por ejemplo en el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares ANSI. Dentro del que se recomienda por ejemplo para una distancia de visualización de 24 pulgadas, una altura de texto mínimo de 2.8 mm y máximo de 4.1 mm, nominal de 3.5 mm; pero en términos generales se sugieren textos simples, comprobando que se puedan leer [1].

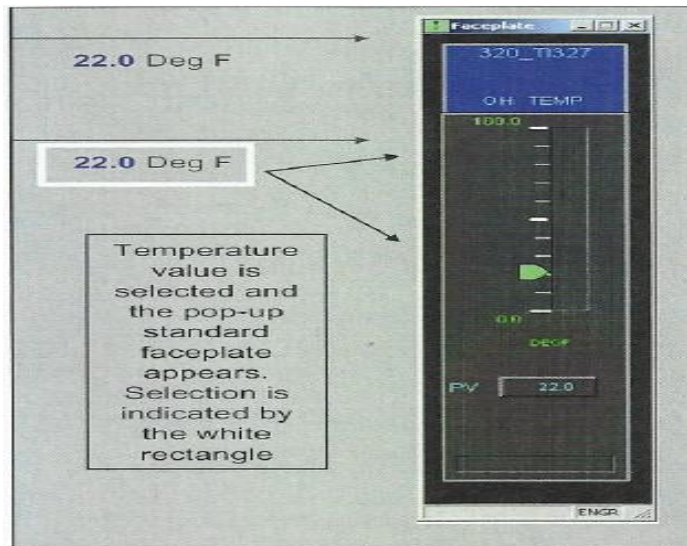
2.2.3 VALORES. Se realiza un despliegue de datos referente a la información del estado de la planta, bien sean valores directos de campo o procesados por el sistema, representándolos en gráficos de tendencias. Los valores son una clasificación de datos y se agrupan en conjuntos en la conducción de un área de la planta, en los datos relativos de seguridad, las alarmas del proceso que causen o no paros en la producción, las alarmas en los dispositivos y los datos estadísticos tanto de las áreas como de los equipos [15]. Los valores reales que se visualizan en las pantallas, obligatoriamente emplean un texto estático permitiendo el acceso a los valores tan sólo con un *click* o botón.

Por ende, la representación de valores en una interfaz HMI de Alto Rendimiento se caracteriza por elegir para los valores un color azul oscuro, en negrita y combinándolo adecuadamente con un fondo gris, de tal modo que se diferencien los valores reales del texto estático, como se observa en la Figura 6 [1]. Si el inicio de un valor está constituido por ceros no se muestran, excepto los fraccionarios como por ejemplo 0.27, para darle mayor exactitud al operador [1]. No se usan tablas de números pero las unidades de medida si se muestran en un texto cercano al valor y con un bajo contraste [1]. Teniendo en cuenta los problemas que se pueden generar en el diseño de las pantallas, no se recomienda mostrar indicadores o nombres de etiquetas para representar un valor y cuando se selecciona algún elemento, su estado se percibe gracias a un contorno blanco en el elemento (Figura 6) [1]. Para indicar acciones o mensajes de estado, el texto ideal es el corto, simple y concreto, por ejemplo: “Turbulencia completa. El ciclo de filtrado se reinicia”, “Abra la válvula 16ª para el lote a proceder” y “Parámetro de Calidad <xxx> excedido de análisis actual” [1]. En la Figura 6 en la que se presenta las anteriores recomendaciones, se ha escogido un valor de temperatura destacándolo mediante un rectángulo blanco, para el cual aparece una ventana emergente estándar del Faceplate.

2.2.4 NIVELES. Se espera que los recipientes del proceso se presenten en dos dimensiones y el interior no tenga colores en degrade ni manchas saturadas, dibujos con corte transversal ni con detalles permanentes ni animaciones; pero si del mismo color que el fondo, sombreado de manera uniforme y con un tamaño adecuado dependiendo del proceso [1]. Se han creado métodos para la indicación de los niveles de un recipiente, en donde idealmente se alude al uso de indicadores analógicos para mostrar dicho nivel y los límites de alarma, aunque para otros equipos tan sólo con una línea de tendencia es el método claro para representarlo, tal cual se observa en la Figura 7 [1].

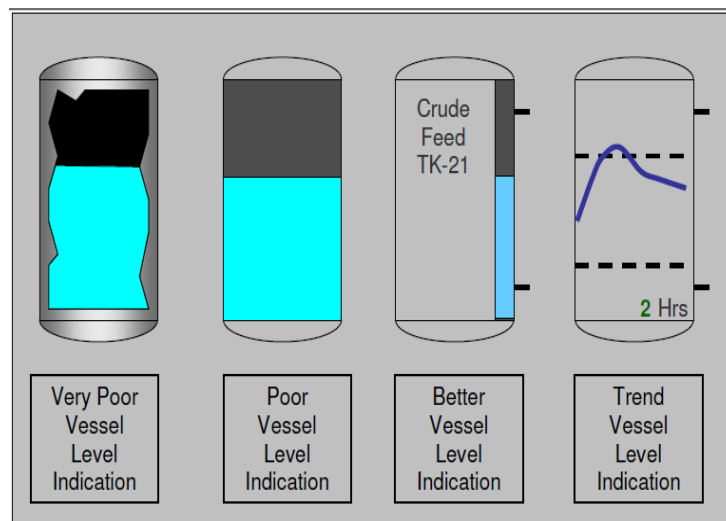
En esta Figura 7, la altura de la barra de nivel corresponde al rango físico del instrumento, igual a su instalación, el indicador analógico al nivel en sí y la tendencia al nivel actual. Pero la combinación más conveniente de estas tendencias e indicadores analógicos se presenta en la Figura 8, en donde se observa más simplificada los límites, el avance durante el rango de tiempo y hasta qué punto se llenó; comparando con las dos primeras formas ineficientes de presentar el nivel [23].

Figura 6. Ventana emergente con valores y placa frontal [1].



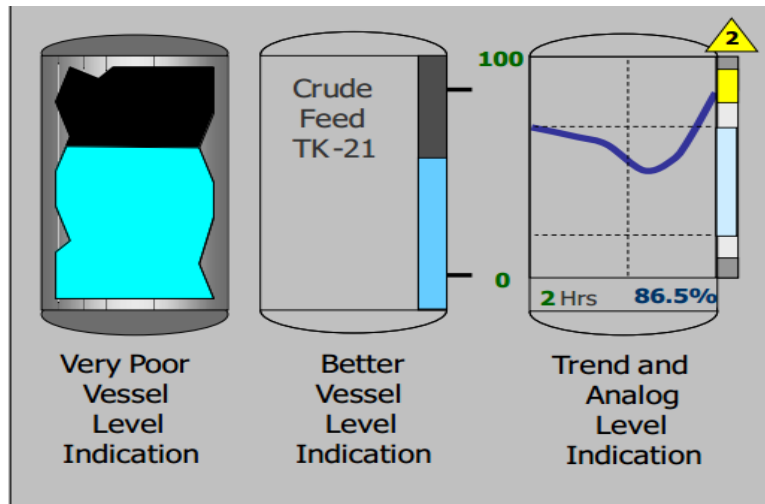
Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 7. Ejemplo de Prácticas para representar los niveles en los recipientes.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. PAS, 2011.

Figura 8. Recipiente con su especificación de nivel, combinando tendencias e indicadores analógicos en una sola gráfica.



Fuente: Bill Hollifield, 2012.

2.2.5 OBJETOS. En el nuevo enfoque de las pantallas HMI, los elementos no requieren tener su propia etiqueta, ya que sólo confundirían visualmente y de manera innecesaria, pero sí se tiene en cuenta el etiquetado de los lazos de control cuando existe más de uno en el proceso. Deduciendo con esto que para una identificación a simple vista de los objetos, se necesita un desarrollo de estándares para las formas y tamaños de la instrumentación y elementos de los procesos industriales [1].

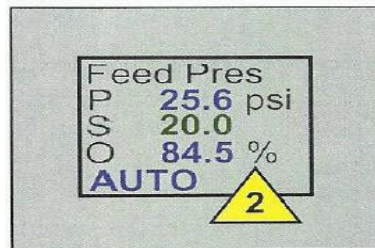
2.2.5.1 Controladores de Procesos. Los controladores se deben considerar como un objeto similar a una bomba o a un intercambiador de calor, describiendo adecuadamente la información sobre su funcionamiento, el estado, la conectividad y tiempo real.

Además se resaltan cuatro características bien detalladas en las pantallas de tipo Faceplate, que son las variables del proceso (PV o P), el set point o punto de consigna (SP o S), salida del controlador (OP u O) y el modo del controlador que generalmente es automático (AUTO), manual (MAN), cascada (CAS) y otros modos de especialidad en los DCS. Se emplean unidades de ingeniería para el P y S y para el O en porcentaje dentro del rango de 7% a +107% [1]. Todo dentro de la simplicidad, claridad y con abreviaturas, tal cual se observa en la Figura 9, en donde se representa las características de un controlador, el título, una alarma y las unidades de medida. El color verde del set point se elige para distinguir este valor de las medidas detectadas por el sistema y los valores que el operario puede modificar [1].

En la Figura 10 aparece el progreso de la funcionalidad de un controlador, el cual parte de una ventana sin mucha información y que al hacer *click* en el elemento controlador, se accede al Faceplate que contiene detalles de su estado y por lo general es aquí donde el

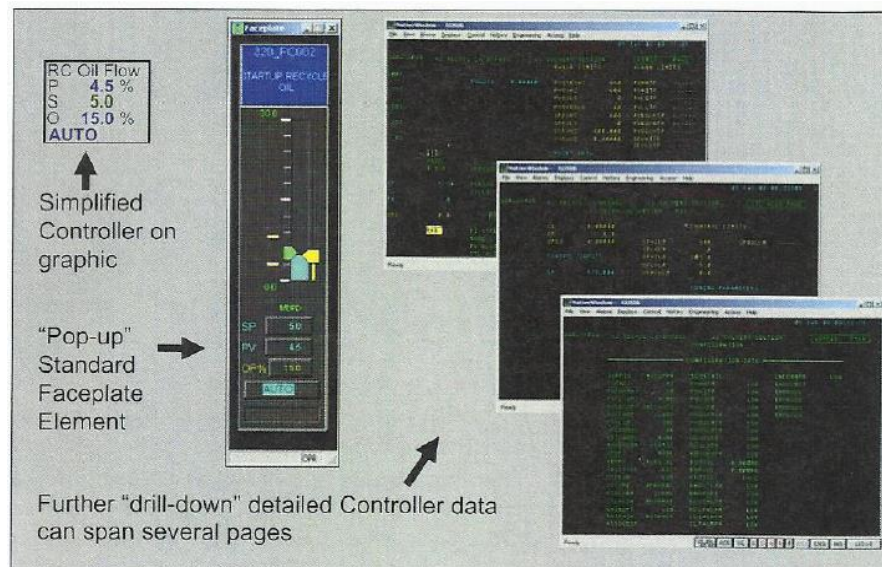
operario puede modificar los parámetros, aunque no puede cumplir con los parámetros de Alto Rendimiento al usar fondos negros y bastante información textual [1].

Figura 9. Un simplificado elemento controlador de gráficos.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 10. Funcionalidad del controlador y el uso de Faceplate.

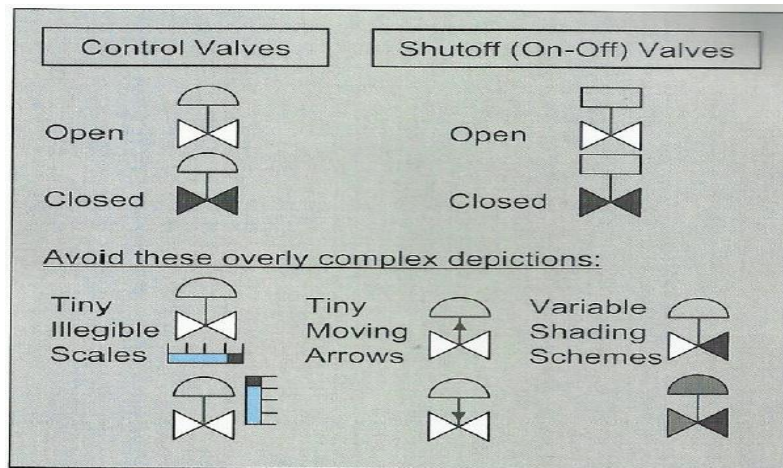


Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

2.2.5.2 Válvulas de Control y Cierre. Se evita el uso de pequeñas escalas, sombreado variable y colores para las condiciones, pero se invita a que al darle *click* a la válvula se acceda a un Faceplate, en donde se dé más información según los requerimientos del operario [1]. Para entenderlo mejor se cita la Figura 11 en la que se muestran las válvulas de control y cierre, junto a pequeñas flechas que indican movimiento y un sombreado variable [1].

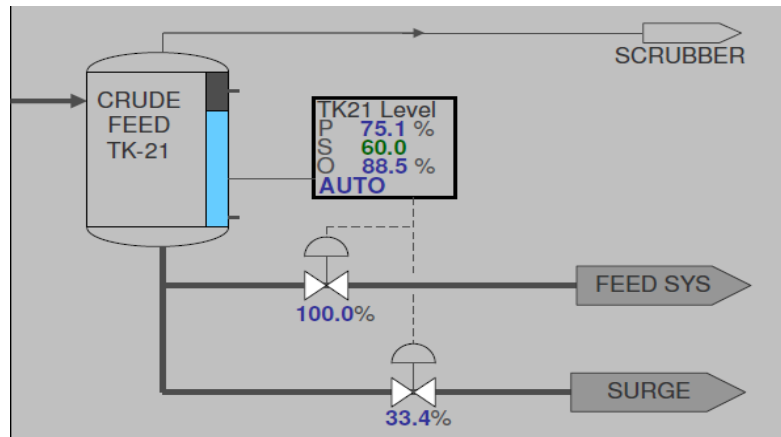
En algunas situaciones, un sólo controlador puede llegar a afectar múltiples válvulas ocasionado por los métodos de división de rango, lo que lleva a mostrar numéricamente el porcentaje de apertura, mejorando la interpretación. Un controlador con múltiples válvulas se observa en la Figura 12 [1].

Figura 11. Representación de una válvula simple.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 12. Controlador con múltiples válvulas.

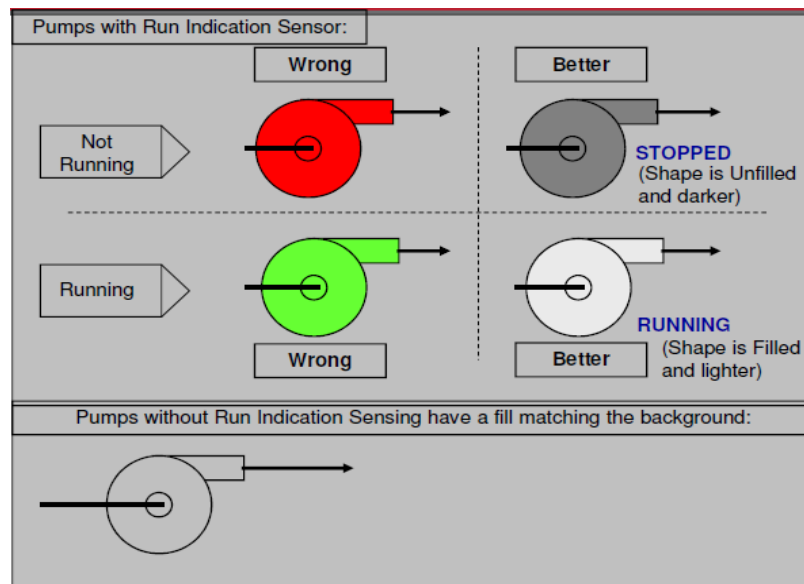


Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. ISA Publications, 2012.

2.2.6 EQUIPOS. Un equipo puede tener varios estados de funcionamiento y de operación. Se emplean rellenos, textos simples y formas como ayuda para representar el estado actual, sin depender del color. Las posibilidades de mando se ejecutan mediante la selección de una determinada válvula y para el caso de una bomba se plantean dos estados de marcha tanto para el paro como para el funcionamiento, como se observa en la Figura 13; en donde se especifica la forma correcta e incorrecta de diseñar la representación de equipos. Además se observa un cambio en el uso del color, pues el color gris indica el paro, el blanco el funcionamiento de la bomba y no el rojo ni el verde como se usaba anteriormente. Seguido de un texto sencillo y conciso, elegido por el ingeniero en el diseño [1].

2.2.7 COMANDOS E INGRESO DE DATOS. Un operario interviene en la interfaz suministrando datos al sistema de acuerdo a los objetivos planteados, ejecutando comandos, seleccionando operaciones, en el reconocimiento de alarmas, ingresando datos de consigna y parámetros del proceso. Sin descuidar la importancia que tienen las operaciones dentro del sistema, los comandos deben ser visibles y facilitar su operación con un área de acción de tamaño adecuado, con etiquetas claras y de fácil reconocimiento. Su ubicación puede ser en pantallas dedicadas sólo para ellos o junto a los sinópticos del proceso, sin que el usuario deba estar cambiando las pantallas para usarlas ni que estén saturadas de datos [15].

Figura 13. Representación del Estado de marcha de una bomba.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. PAS, 2011.

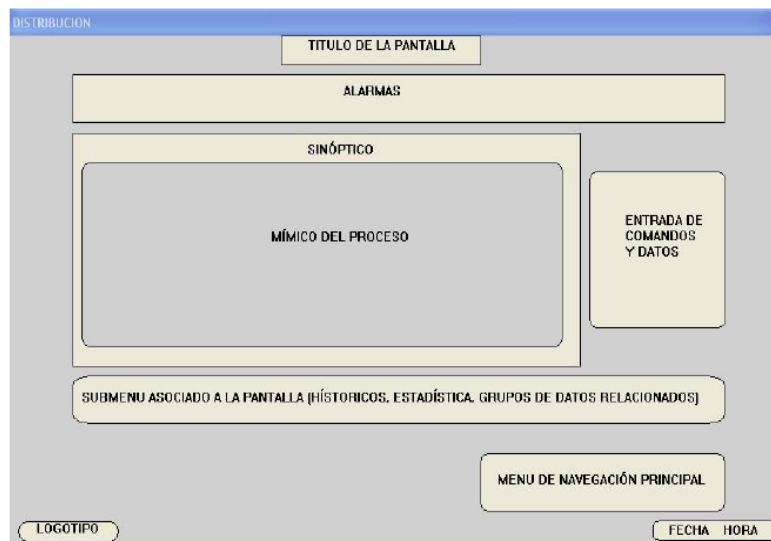
Los comandos se clasifican en cinco iniciando con los de arranque y paro, usados en áreas completas y en equipos individuales, seguido de la confirmación de alarmas, selección excluyente de una opción, selección múltiple no excluyente y de selección simple [15]. Si se asocia un comando a un objeto típico se logra esquematizar las acciones, para que cuando se ejecuten no se requiera re descubrir la lógica de funcionamiento; con todo esto los comandos deben ser visibles para el operador, estar claramente etiquetados, contar con un área de acción grande, igualdad en los botones, retroalimentación igual para comandos similares y del resultado de la acción del operario, etiquetando aquellos comandos que activan una acción crítica o de riesgo y que deben ubicarse en un lugar lejano a los comandos de uso frecuente [15].

El ingreso de datos debe ser visible, de un adecuado tamaño y de clara identificación. El dato debe ser aceptado por un botón antes de su ingreso y recibir confirmación al efectuarlo. Por consiguiente, es útil la presencia de cajas de diálogos para las

notificaciones de confirmación o negación en el ingreso de algún dato, deben aparecer si y sólo si se ha introducido una acción en el sistema, sin interferir en los demás datos del proceso. Se muestra por lo general en la parte inferior de la pantalla, pero si es de carácter crítico debe estar en el centro [15].

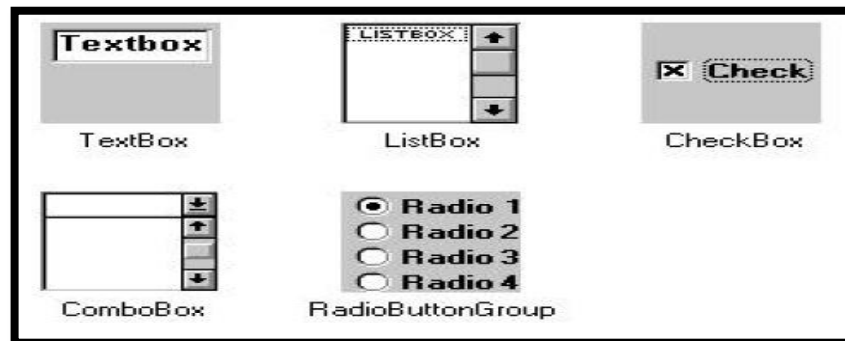
En la figura 14 se ejemplifica la localización del sinóptico para la entrada de comandos por parte de un operario. Los parámetros del controlador suelen estar en una ventana que se despliega del mímico y el ingreso de los comandos se realiza al lado de los símbolos [15]. Existen diversas posibilidades de entrada de comandos, las cuales se contemplan en la Figura 15, en donde se exponen las entradas de comandos en objetos del sistema SCADA en InTouch [15].

Figura 14. Ejemplo de la localización en sinóptico para la entrada de comandos.



Fuente: P. Ponsa, A. Granollers.

Figura 15. Entradas de comandos.



Fuente: P. Ponsa, A. Granollers.

2.3 COLOR

2.3.1 MANEJO DEL COLOR. Se elimina el uso excesivo e indebido del color que obstaculiza la capacidad del operador, para pueda detectar con rapidez y precisión una situación anormal. Existe un principio en cuanto al manejo del color y se resume en que “El color no se utiliza como único elemento diferenciador de una condición o estado importante, las diferencias de color se deben combinar con otras características distintivas” [37]. Por eso se emplea aparte del color la forma, los textos de advertencia, las alarmas, los títulos, etiquetas, valores del proceso, fondos de pantallas y estados de los equipos. Las opciones de colores y el uso deben aplicarse de manera adecuada en toda la jerarquía de los gráficos, limitando la paleta y estableciendo un número de colores para que sean los que se van a destacar a simple vista; pero sin caer en el error de saturar las pantallas de colores brillantes para captar la atención. Se escogen colores únicos para la representación de las condiciones de alarma, pero no para los estados críticos del proceso, tal como se observa en la Figura 13 [15,23,37].

El fondo de las pantallas se determina bajo la escala de grises, preferiblemente un gris claro y colores apagados que minimicen los reflejos de las pantallas, con una sala de control iluminada y sin que ocasione fatiga e incomodidad a la vista del operador. En este punto es bueno aclarar que no se busca eliminar el color de las pantallas, sino llevar las gráficas a una escala de grises; aunque los problemas con el resplandor dependen del hardware y las pantallas utilizadas, que por lo general se recomiendan las LCD porque no tienen dificultades con el resplandor. El color gris oscuro o negro sin colorear, se utiliza para las líneas del proceso, los contornos de recipientes y equipos, diferenciándolos cómo se detalló anteriormente, con grosores y no con colores. Ya no se usa el color para diferenciar tipos de materiales y en algunas situaciones especiales el color se ve mal, adoptando un comportamiento gráfico como el parpadeo de datos de fácil detección con la visión periférica [1,23,37].

2.3.2 GRADO DE APRECIACIÓN DEL OJO HUMANO. El ojo humano se define como “una esfera de 2 cm de diámetro que recoge la luz y la enfoca en su superficie posterior” [38]. Los íconos y los bastoncillos son las células que se encargan de detectar las longitudes de onda del entorno, recogiendo las partes del espectro de la luz solar y las transforman en impulsos eléctricos, que son enviados al cerebro mediante los nervios ópticos, para crear la sensación del color. Los conos se encuentran en la región fóvea, cerca de la retina y son los responsables de la visión del color, suponiendo que existen tres que son sensibles al rojo, verde y azul respectivamente. Los bastones son los responsables de la visión a bajos niveles como la nocturna y los conos a altos niveles pero no son sensibles al color. Cuando una persona no cuenta con una cantidad de conos y bastoncillos adecuados, va a tener una mala interpretación de los colores. A nivel práctico, un color puede tener miles de traducciones y la generación de los producidos por la reflexión de la luz sobre un cuerpo, es diferente a los que se dan por la mezcla directa de la luz [39].

Un estudio demuestra la percepción que tiene el ojo humano frente a varios colores, el efecto que le genera y la información que deduce frente a él. Se puede apreciar un gráfico

resumen en la Tabla 5 [40] y los niveles de percepción del ojo humano se puede notar en la Tabla 6 [40] según la norma ANSI, en donde se puede concluir que el color más percibido es el negro con un fondo amarillo y el que menos se percibe es el rojo cuando tiene un fondo verde [40].

En el mismo rumbo de estas definiciones, nuestro cerebro es capaz de escoger las diferencias de color, siendo el de alto contraste una herramienta para captar la atención del operador, pero que se debe usar en situaciones anormales como las alarmas. Ya para el enfoque de Alto Rendimiento, se tienen 16 niveles adecuados de grises que se pueden usar en las interfaces y para reducir la interferencia con otros colores, presenciado en la Figura 16 en donde se indica que un elemento se puede usar para probar la percepción de los operarios y usuarios [1].

Tabla 5. Efectos psicológicos de los colores.

COLOR	PERCEPCIÓN	TEMPERATURA	EFEECTO
Rojo	Cercanía	Caliente	Estimulante
Naranja	Mucha cercanía	Muy caliente	Excitante
Verde	Lejanía	Frio – Neutro	Relajante
Amarillo	Cercanía	Muy caliente	Excitante
Azul	Lejanía	Frio	Relajante
Violeta	Cercanía	Frio	Excitante

Fuente: Aquilindo Rodriguez Pinin, Marcomo.

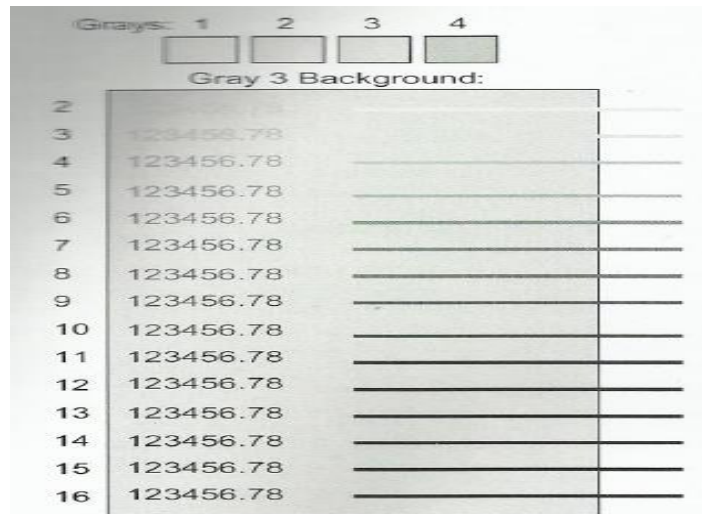
Con todo esto, el color no debe ser el único método para transmitir información, conociendo que existen enfermedades y problemas de percepción. Para solucionar el problema como el daltonismo se combina con textos, tramas y siluetas llenas o vacías para representar estados, porque tienen dificultad para diferenciar los pares como el rojo/verde, Amarillo/verde y negro/cian. El brillo y el contraste de los tonos seleccionados, se ajustan para diferenciar los elementos del fondo gris [1].

Tabla 6. Niveles de percepción de colores asociados a un fondo y determinado color.

ORDEN	COLOR	FONDO
1	Negro	Amarillo
2	Verde	Blanco
3	Rojo	Blanco
4	Azul	Blanco
5	Blanco	Azul
6	Negro	Blanco
7	Amarillo	Negro
8	Blanco	Rojo
9	Blanco	Verde
10	Blanco	Negro
11	Rojo	Amarillo
12	Verde	Rojo
13	Rojo	Verde

Fuente: Aquilindo Rodriguez Pinin, Marcomo.

Figura 16. Las sombras de Color gris y el contraste.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

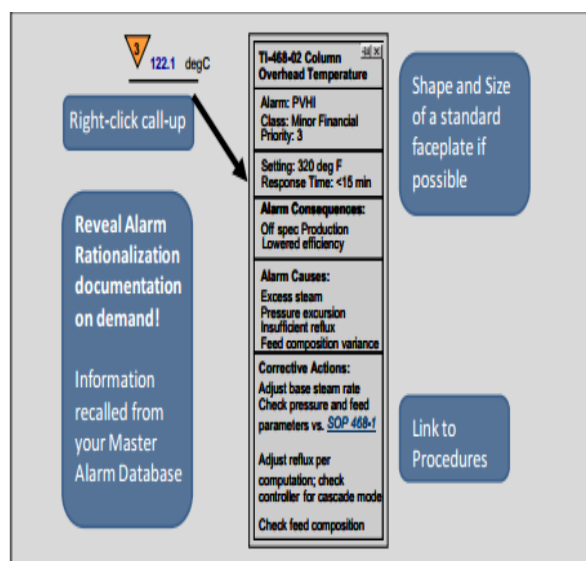
2.4 ALARMAS

Las alarmas tienen la función de alertar a los operadores de un comportamiento anormal dentro del proceso y la planta. Es de vital importancia detectarlas a tiempo, pues en ocasiones al evadirlas y al no tener un adecuado control sobre ellas, puede ocasionar problemas irreversibles e incluso fatales.

2.4.1 PRIORIDADES DE ALARMA. Las alarmas cuentan con valores que permiten mostrar los rangos o niveles del proceso; la idea es poderlos mostrar de forma clara y precisa, para detectar situaciones indeseables a tiempo y tomar las respectivas decisiones. Esto conlleva a construir principios para tener unas buenas representaciones, los cuales se describen en tres, el primero es el que hace referencia a las prioridades, relacionándolas con un color que no se puede emplear en ninguna otra parte del proceso y para representar el estado de la alarma. El segundo principio narra sobre el método del parpadeo, para distinguir las alarmas que aún no han sido reconocidas de las que ya. El tercero habla de que si existe más de una alarma sobre un valor, se debe indicar una alarma de máxima prioridad [1]. Se debe permitir el acceso a una base de datos o a una pantalla en la que se conozca más información de las fallas ocasionadas, tal como la Figura 17, siguiendo las recomendaciones de la norma ANSI/ISA 18.2 para la gestión del sistema de Alarmas [41].

Respecto a las prioridades, el sistema cuenta con tres prioridades que van de la más alta hasta la reservada para diagnóstico es decir, la prioridad 1 usa el color rojo, la prioridad 2 el amarillo, la prioridad 3 el naranja y la prioridad 4 el magenta, reservada para las alarmas de diagnóstico, que son las que indican el mal funcionamiento de un instrumento y que no pueden ser solucionados por un operador [1].

Figura 17. Vinculación de la información de la alarma.



Fuente: B. Hollifield, H. Perez, PAS, 2012.

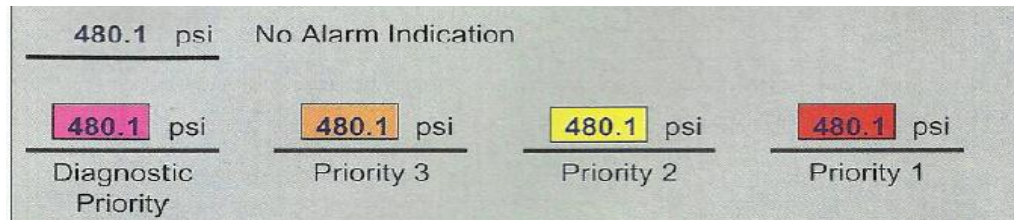
2.4.2 MÉTODOS DE ALARMA. Los métodos son las herramientas y reglas mediante las cuales se alerta a los operarios, sobre las diferentes anomalías presentadas en el proceso. A continuación se mencionan los cuatro métodos establecidos, en el enfoque de Alto Rendimiento.

2.4.2.1 Método 1. Se pone un bloque de color de acuerdo a la prioridad de la alarma, detrás de cada valor del proceso y si no hay presencia de alarmas no se observa ningún color; todo esto indicado en la Figura 18. Este método no es muy recomendado, porque la inexistencia de una codificación en las combinaciones de colores genera problemas, aunque sus ventajas se dirigen hacia el uso de colores destacables y de fácil atención, con unos bloques parpadeantes cuando las alarmas no son reconocidas, asegurando de cierta manera un valor siempre visible [1].

2.4.2.2 Método 2. Propone el uso de contornos de colores alrededor de los valores del proceso y para garantizar que éstos últimos sean siempre visibles, utiliza parpadeo sobre el contorno cuando las alarmas no han sido reconocidas; pero no es recomendable al manejar las mismas desventajas que el método 1 [1]. Este método se observa en la Figura 19.

2.4.2.3 Método 3. Plantea la adición de un elemento indicador de alarmas independiente, que aparece o desaparece teniendo en cuenta la activación de las condiciones establecidas. Es uno de los más recomendados y utilizados, al emplear color para destacar con un alto grado de visibilidad el valor de la alarma. Emplea el parpadeo de la misma manera que los métodos anteriores, pero esta vez lo define para todo el elemento sin afectar la visibilidad de los valores del proceso (Figura 20).

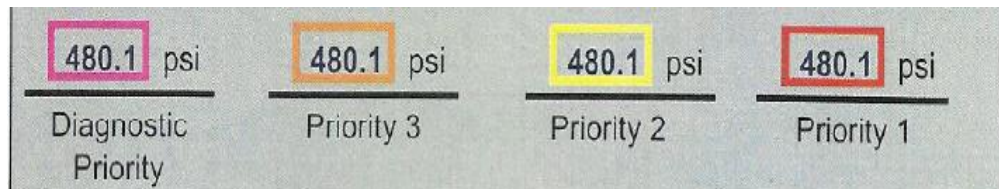
Figura 18. Método 1 para las alarmas.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

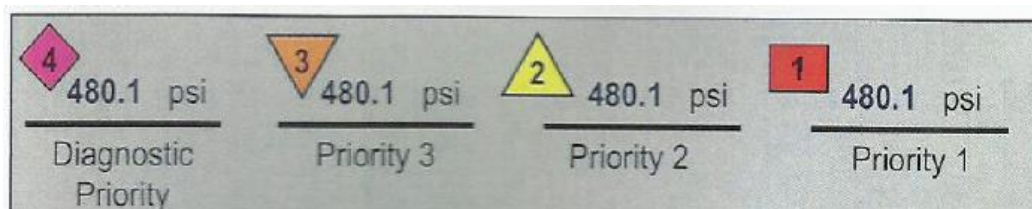
A diferencia de los demás, no presenta inconvenientes en cuanto a la combinación de colores, para la codificación de alarmas se basa en la forma del indicador, el color y le da un número de prioridad; idealmente la ubicación del indicador debe ser estable y cercana al valor pero le da flexibilidad. Lastimosamente sus desventajas, al igual que los métodos pasados, empiezan con la falta de definición de un tipo específico de alarma, pero continúa con la aparición de símbolos indicadores de supresión, tal como se aprecia en la Figura 21 [1].

Figura 19. Método 2 para las alarmas.



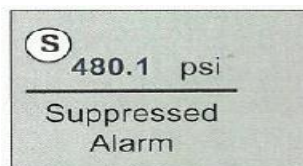
Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 20. Método 3 para alarmas.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

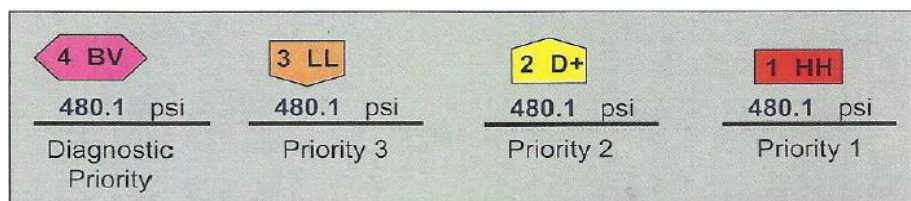
Figura 21. Indicador de una supresión de alarma.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

2.4.2.4 Método 4. En el elemento indicador independiente se especifica el tipo de alarma, por medio de un símbolo o código, indicándolo en la pantalla bien sea de alto o de bajo valor, desviación por encima o por debajo del set point, tasa de cambio positiva o negativa, salida del controlador alta o baja, mal diagnóstico del valor y rango del diagnóstico. Destaca el valor de la alarma mediante el color, empleando parpadeo en el elemento indicador, sin obstruir la visibilidad de los valores del proceso, como se muestra en la Figura 22. Pero sus desventajas se radican en que cada prioridad de alarma debe manejar un sonido propio mayor o igual a 15dBA sin pasar los 80dBA y la existencia de la posibilidad de que los colores coincidan con los empleados en las prioridades de alarma; por ende no es recomendado [1].

Figura 22. Método 4 para alarmas.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008

2.5 INDICADORES LÓGICOS

Debido a la acumulación visual de valores numéricos en las pantallas, surge la necesidad de agruparlos mediante indicadores de manera lógica, de tal manera que en segundos se pueda realizar una lectura del proceso, se verifique la operabilidad dentro de los rangos requeridos y tener consciencia del rendimiento del sistema [1,30]. Si un operario se sabe de memoria los rangos, le queda fácil determinar si cada valor presentado se encuentra dentro de los límites esperados, así como se observa en la Figura 23, de lo contrario caerá en confusión [1].

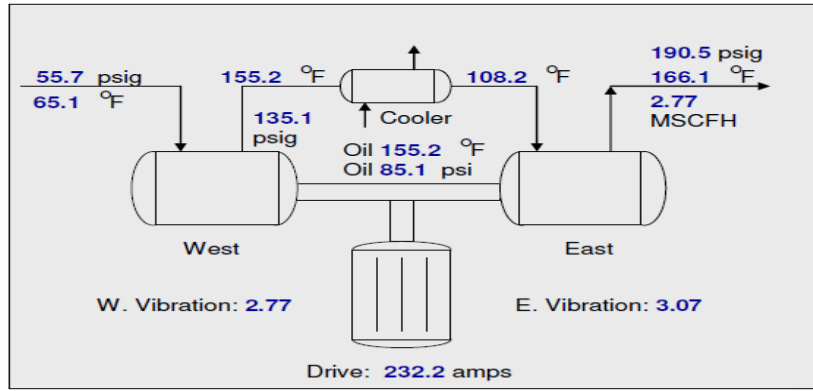
Tomando el ejemplo de la Figura 23, se pretende reducir la presentación de números para poder contemplar fácilmente el estado de las operaciones y es por ello que se han adecuado bandas de colores que indican los rangos; es el caso del color azul quien representa un rango normal, para dar claridad se tiene la Figura 24. Familiarizándose con esta aplicación, se comprueba que es más fácil detectar las anomalías, valores cercanos a la activación de una alarma y situaciones de emergencia antes de que ocurran. Estas mejoras ya hacen parte de los HMI de Alto Rendimiento [1].

Se formula unos indicadores de vibración para las alarmas de alto valor, un iniciador de *interlock* para las de medición, cuya meta es interpretar los estados de los productos y materias primas en cuanto a su valor, dirección, historia y magnitud en un tiempo definido; apreciándose en la Figura 25 como rectángulos negros en los puntos finales [1].

En las pantallas industriales es normal encontrar representaciones analógicas de los diferentes procesos, como es el caso de una columna de destilación que se muestra en la Figura 26, en donde se puede conocer y entender fácilmente la temperatura de dicha

columna [36]. Haciendo uso de líneas rectas se interpreta fácilmente a simple vista, el cambio de color representa alguna anomalía, los valores de temperatura o los de desviación pueden aparecer o desaparecer con un solo *click*, aunque se muestran cuando la precisión es primordial [1].

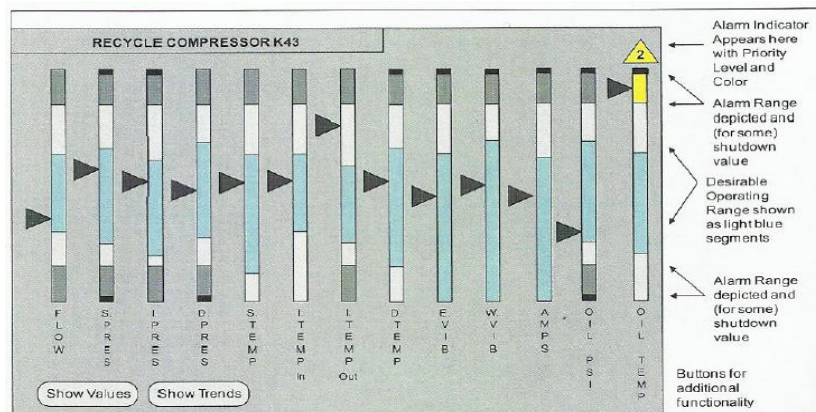
Figura 23. Vista del proceso de un compresor.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. PAS, 2011.

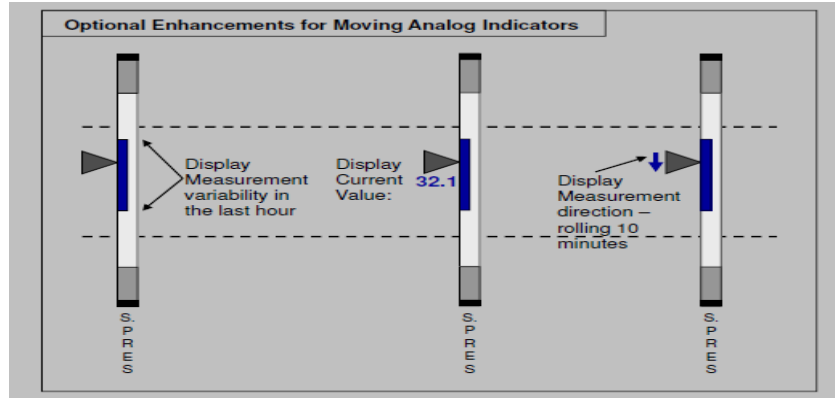
Para el balance de materiales, los indicadores se encargan de presentar la capacidad del equipo y respecto a esto alertar sobre las anomalías. La Figura 27 consta de dos partes y de dos formas diferentes de presentar el balance, en el lado derecho se incorpora una barra creciente y se presenta una alarma cuando la diferencia acumulada, es mayor al valor de la capacidad del equipo o existe alguna fuga, captada gracias al color rojo y a las flechas indicativas. Del mismo modo, en la parte izquierda se da otra representación gráfica junto a dos barras para el flujo de entrada y de salida respectivamente, en comparación con la del otro lado que la muestra todo en una [1].

Figura 24. Vista de un compresor bajo los parámetros de Alto Rendimiento.



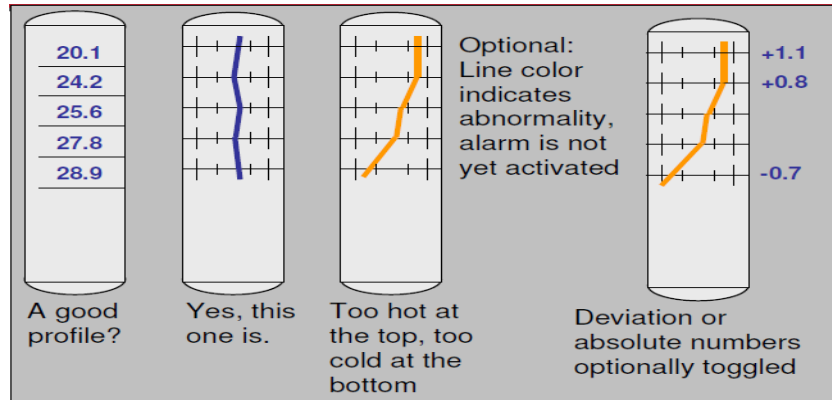
Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 25. Mejoras del Indicador analógico.



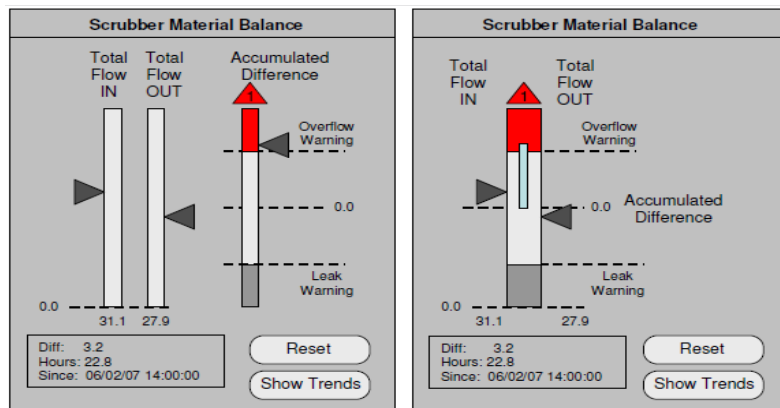
Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008. PAS, 2011.

Figura 26. Temperatura de la columna de destilación



Fuente: PAS, 2011.

Figura 27. Indicadores de balance de masas.

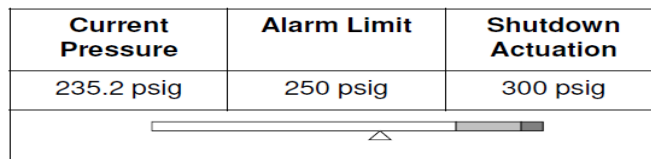


Fuente: PAS, 2011.

2.6 TENDENCIAS

El error más evidente en las interfaces HMI es dar una mala implementación a las tendencias, olvidando que éstas son indispensables para presentar correctamente los datos y que su función es indicar si los valores están en el rango correcto o por el contrario que tan lejos se está de los límites de operación normales, permitiendo al operario determinar con suficiente tiempo de antelación si se está cerca de una condición anormal o aún se puede remediar los errores para evitar problemas futuros. En la Figura 28 se da una ejemplificación de la presentación de datos seguido de una tendencia, especificando un valor de presión actual, límite de alarma y accionamiento de cierre, notando que es mucho más entendible si se presenta una tendencia y es la más indicada para saber lo que posiblemente sucederá [1,30,36].

Figura 28. Datos junto a su tendencia.



Fuente: PAS, 2011.

Por consiguiente, se concluye que los valores representados en una tendencia pueden proporcionar más información del proceso que las tablas de valores.

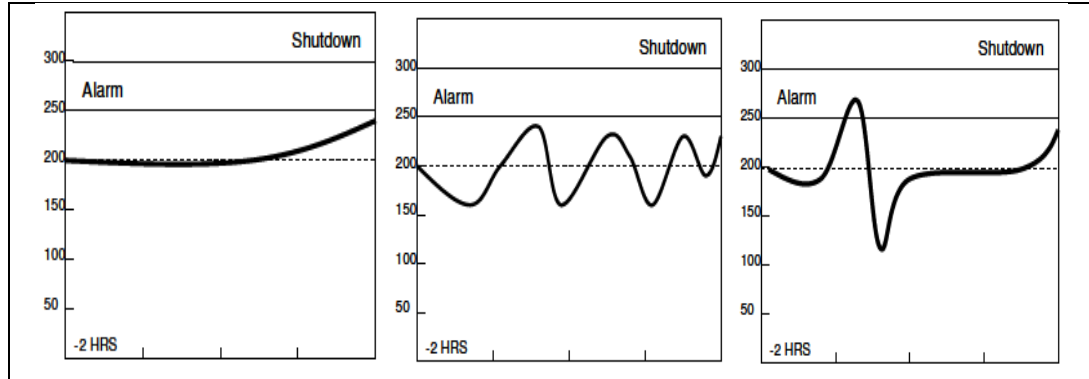
En la Figura 29 se contemplan tres tendencias, en la primera se analiza la presión y se nota que se ha mantenido estable alrededor de los 200 psig deseables durante los primeros 90 minutos, pero su cambio drástico al cabo de los 90 puede conducir a un estado de alarma al avanzar tanto y en tan poco tiempo. En la segunda gráfica se observa gracias a la tendencia, que la presión ha oscilado alrededor del valor deseado en un intervalo de 30 minutos sin llegar al punto de alarma. Finalmente, en la tercera figura, la tendencia muestra que hacia los 40 minutos aproximadamente se presentó una alarma y al transcurrir los 90 se efectuó una corrección que desafortunadamente conlleva a generar nuevamente alarma al cabo de dos horas [1,30,36].

Ahora bien, las tendencias son esenciales en las interfaces HMI de Alto Rendimiento y se logran excelentes resultados si se implementan adecuadamente, con una escala acorde al proceso, haciendo uso de las unidades de ingeniería sin olvidar que un cambio por mínimo que parezca se notará inmediatamente, permitiendo ver valores pasados, escogencia del color para los trazos y modificación de valores por parte de los operarios. Ubicar un botón "*Retrend*" para volver de los valores ingresados manualmente a los calculados automáticamente, si los primeros no son apropiados [1].

El tamaño de las tendencias debe oscilar por las dos pulgadas, asignándole un nombre y guardando. Las que son propias de los controladores muestran el valor del proceso, el set point y la salida, siendo importantes para el diagnóstico de problemas tanto del

controlador como de las válvulas; pero al más del 50% de éstas últimas tienen problemas mecánicos en cuanto a la histéresis, fricción estática o son de un tamaño incorrecto para la aplicación [1].

Figura 29. Tendencias variables respecto a una presión.



Fuente: PAS, 2011.

2.7 DISEÑO DE PANTALLAS

Las pantallas para el enfoque de Alto Rendimiento deben ser ordenadas y sencillas, mostrando los elementos comunes para cada tipo y nivel de pantalla, tal como en la jerarquía. Por la extensa variación en las capacidades de las pantallas, navegación, teclas programables y paradigmas, las representaciones deben ser esquemáticas. La navegación necesita rapidez, utilizando métodos de selección de destino como pantallas táctiles, pulsadores, menús, etc; con la posibilidad de llegar a cualquier gráfico aun desconociendo la jerarquía manejada en una determinada interfaz. Los operarios requieren manejar aptitudes para indagar en los niveles de las pantallas, llamar los elementos relacionados como las tendencias e indicadores de cualquier gráfico; con una jerarquía disponible para mantenimiento y una configuración por medio de un menú general o ingreso directo de nombres. Para el acceso a las pantallas de nivel 2 se creará una tecla, las de nivel 3 y 4 recibirán el resto. Los nombres de cada archivo gráfico serán claros y detallados, proporcionando la identificación del proceso sin la necesidad de escribir "*Filenames*" en cuanto a la navegación, sino colocados discretamente en la pantalla [1].

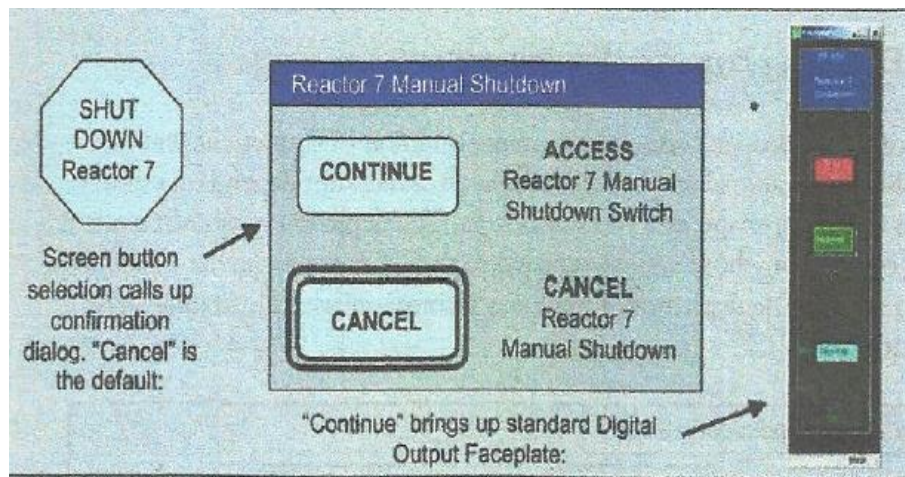
Cuando ocurre una acción basada en la entrada del operador, se debe tener un dispositivo de confirmación, cerrar manual y rápidamente el equipo operativo, evitando activaciones involuntarias, implementando la opción de cancelación, un botón de apagado y llamar una o dos capas de confirmación antes de que ocurra un evento, como se observa en la Figura 30 [1]. Todo, para llevar un control mayor del sistema y de las acciones que se introducen.

2.7.1 JERARQUÍA DE PANTALLA. Los gráficos de Alto Rendimiento idóneamente se acoplan a un diseño que siga una jerarquía, para producir pantallas adaptables a

cualquier situación, se dé información del diseño detallado de cada nivel, de los tipos de pantallas y datos operativos. Ayudan a la realización de diferentes tareas con una navegación más sencilla y a ejecutar las acciones del operador en los niveles 2 y 3. Siendo una jerarquía, la estructura similar a un árbol que permite la asociación de los niveles inferiores de las pantallas con los superiores [1].

El nivel 1 lo constituyen las pantallas que describen el área del proceso, el nivel 2 las de control de unidades del proceso, el nivel 3 las de detalle de unidad del proceso y el nivel 4 las de soporte de las unidades del proceso. Representando detalle y complejidad en el proceso como se observa en la Figura 31 [1].

Figura 30. Capas de Confirmación.

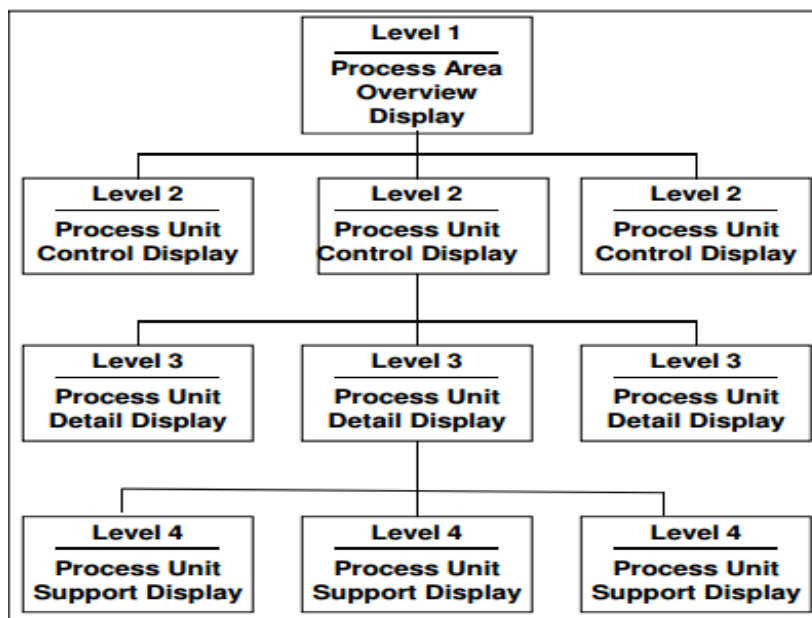


Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

2.7.2 Diseño de Nivel 1. Estas pantallas permiten una vista más amplia de las instalaciones del proceso, están bajo el control de un sólo operador, ofrecen una descripción general del proceso completo, incluyendo elementos y características de los indicadores claves de desempeño de alto nivel. Estos últimos empiezan por la seguridad, medio ambiente, producción, eficiencia, calidad, valores, tendencias, desviaciones de los indicadores, controladores claves de proceso, parámetros, condiciones, información adicional de otras unidades, alarmas de prioridad 2 en adelante junto a su estado de reconocimiento, indicadores de situaciones anormales, gravedad de anomalías, rendimiento, estado de los mecanismos de control y de los equipos. Mediante el seguimiento de los indicadores claves de desempeño, se tienen pautas claras sobre el funcionamiento actual del proceso [1,30].

Al nivel 1 lo conforma una imagen grande de la unidad de proceso, siendo indispensable acceder a esta pantalla desde la general y conocer su funcionamiento actual por medio de los indicadores claves de desempeño. Por lo general se sitúa en una pantalla grande al lado de la estación del trabajo, visible para todo el personal de la planta y diseñada para una posición específica de operaciones [1].

Figura 31. Jerarquía para pantallas HMI de Alto Rendimiento.



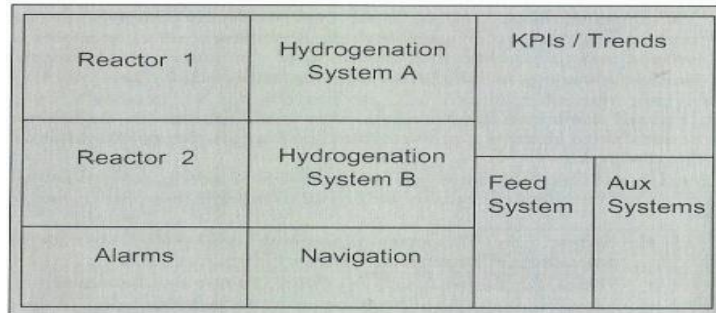
Fuente: PAS, 2011.

Un ejemplo para entender este nivel, es plantear un operario responsable de dos reactores, dos sistemas de hidrogenación y algunos sistemas de apoyo; requiriendo una posición lógica en la pantalla tal como se observa en la Figura 32 [1]. En esta figura se ve lo que sería la ordenación lógica, partiendo de poner de manera vertical y en forma ascendente los reactores. Seguido de su respectivo sistema de hidrogenación, terminando con los KPIs y las tendencias. Debajo de los reactores se coloca las alarmas, seguido horizontalmente de su navegación, pie del sistema y partes del sistema; mostrando todo de una manera clara, de fácil reconocimiento y sin llegar a la profundidad innecesaria de detalles [1]. Otro ejemplo es el de la Figura 33 en el que se muestra como los elementos gráficos se acoplan en la pantalla, integrando tendencias, indicadores analógicos con su movimiento, en el lado derecho los KPIs e información del estado del sistema. Muchos podrán decir que el intento de organización es poco, dado a que se percibe muchos datos que conllevan a un cansancio y confusión, pero tiene ventaja en cuanto a la utilización de tendencias, que son más claras, precisas y no genera tantos errores ni distracciones como los anteriores diseños [1,23].

2.7.3 Diseño de Nivel 2. En un sólo gráfico se abarca toda la información y los controles necesarios para ejecutar una cantidad máxima de tareas del operador, asociadas a una unidad específica de la planta, lo que se traduce a la existencia de un gráfico para cada operación de las unidades. El objetivo es ayudar a determinar y verificar el modelo mental de los operarios, ya que aquí es donde ellos ejecutan sus acciones, involucrando en su desarrollo a los ingenieros de proceso y producción [1,30]. El primer principio de esta pantalla busca determinar los distintos KPIs, controles y su representación para cada

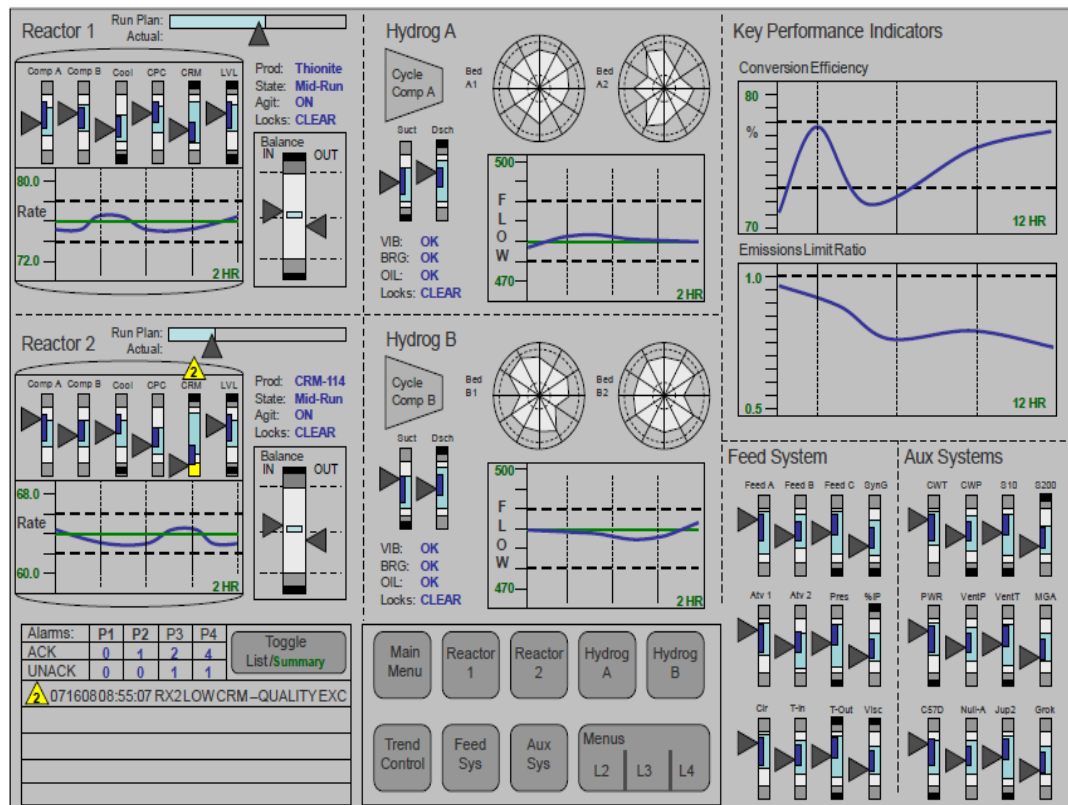
gráfico. El segundo crear un modelo mental general de la planta, dividido en secciones independientes lógicas; el tercero es el que intenta modelar el control de las posiciones de las operaciones y usar un trazo geográfico de la planta y de los P&ID para definir el alcance [1].

Figura 32. Ordenación lógica de una pantalla de descripción del proceso.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 33. Ejemplo de Contenido de una pantalla de descripción de proceso.



Fuente: Bill Hollifield, 2012.

Para entender la percepción de las pantallas de nivel 2, se ilustran en la Figura 34 los anteriores principios en compañía de controladores, valores, estados, tendencias, alarmas y tareas de rutina. Consta además de un acceso adecuado a los controladores, de manera que se permita a los operadores una eficiencia y control en el proceso. Otras características destacables de esta figura son: El set point y el valor del proceso tienden a un valor deseado en algunos controladores, su salida puede incorporarse mediante acciones y su escala se representa en porcentaje de 0 a 100%. Las tendencias se muestran de forma individual al presionar el botón de control de tendencia, el uso de mini gráficos es propicio si no se desea usar tendencias, las desviaciones significativas se logran conocer a simple vista con los indicadores analógicos, el balance de materiales se ubica en la parte superior derecha de la pantalla, los reactores presentan redundancia al mostrar dos barras para corroborar la desviación entre sus valores y se representa una alarma en el diagnóstico de una bomba, pues la otra no está en ejecución. Hay acceso a los controladores de seguridad de los reactores, se permite la navegación entre pantallas, consultar la información con un solo *click* y acceder gráficamente al nivel 3 para detallar las entradas, salidas y los diagnósticos [1].

2.7.4 La importancia de los “*interlock*” en las pantallas de nivel 2 y nivel 3. Los *interlocks* se diseñan para proteger el proceso ante una situación anormal, su activación se indica en las pantallas de nivel 2 y 3, empleando las estructuras lógicas bien sean bloques, puntos o *ladders*.

En la Figura 35 se representa un *interlock* para el nivel 2, quien trabaja bien si hay suficiente espacio en dicha pantalla, pero si es limitado se contempla un resumen de la información en el nivel 3. Ejemplificando aquí mismo, una presión en un recipiente, activando la alarma de prioridad 2 para 180 psi y un dispositivo de seguridad para 200 psi quien se encargará de cerrar las válvulas de alimentación principal. La parte negra que se ubica en la parte superior, indica que el la activación del *interlock* se da a una presión alta, pero en este caso no se ha activado pues la fecha indica que la presión se encuentra en 160 psi, es decir en los rangos normales de trabajo [1].

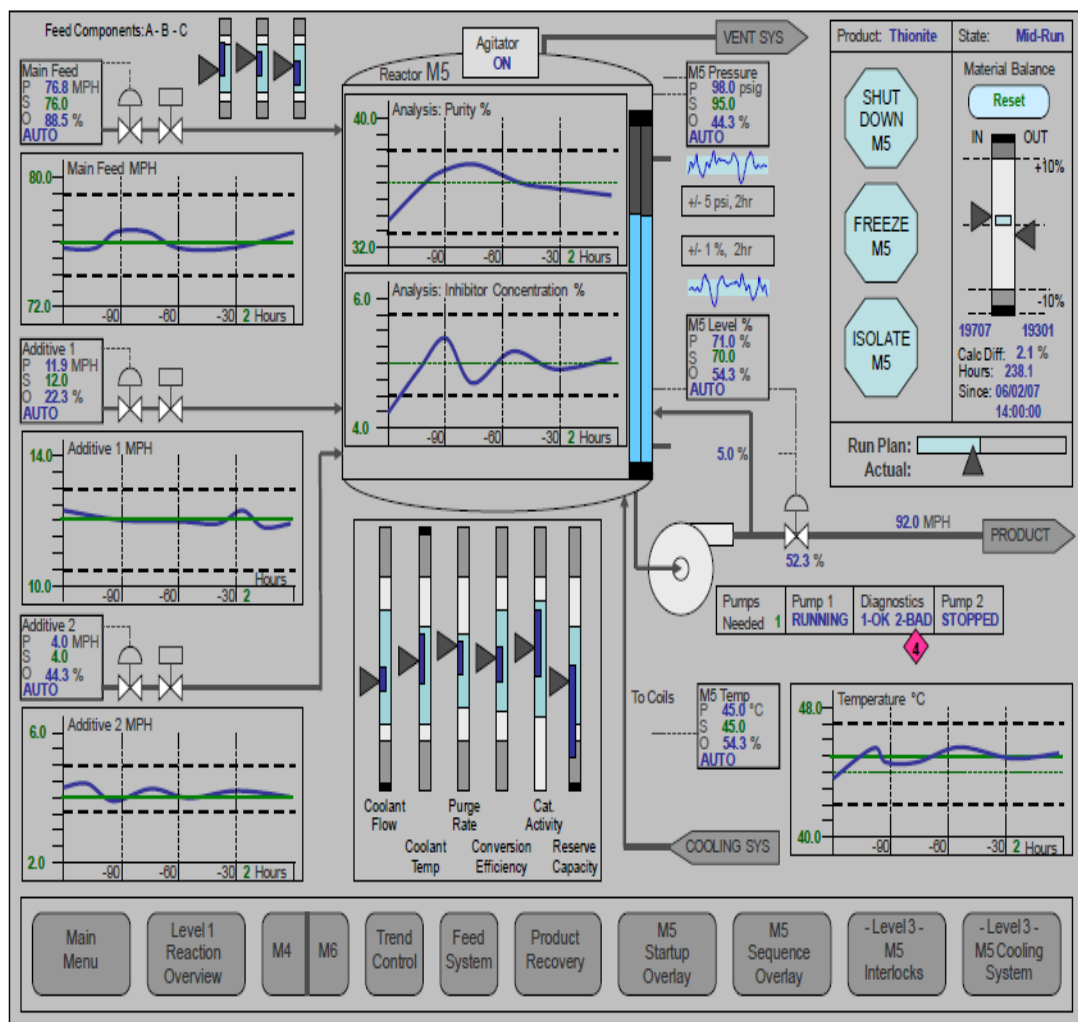
Cuando la presión pasa el límite superior, se activa la alarma de prioridad 2, denominada para este caso como precursor de *interlock* (nombrada como I-4), pues las válvulas se mantienen abiertas, aparece un bloque de color amarillo que llama la atención del operador y solicita la ejecución de acciones correctivas, contemplado en la Figura 36 [1].

Al sobre pasar el límite superior y al llegar hasta el *interlock*, se activa una alarma de notificación de error de la función de él y no la de “alto/alto”, evidenciándose un cuadro amarillo como muestra del exceso en el rango en la Figura 37. Se espera que el controlador de flujo obtenga una salida igual a cero y se cierre la válvula on-off más cercana al recipiente [1].

La prioridad de las alarmas se elige dependiendo de las consecuencias evitables si no se responde a tiempo y es diferente para el *interlock* de una pre alarma, al no poder eludir a lo que conlleva con su activación. En las pantallas de nivel 3, el *interlock* debe crearse bajo un diagnóstico, en el que se contempla los límites superiores e inferiores,

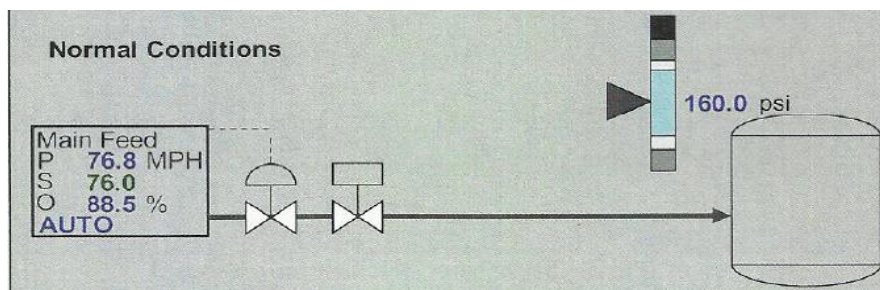
denominados iniciadores y las acciones a tomar respectivamente, tales como cerrar las válvulas de alimentación, de vapor o ambas [1]. Abiertamente se percibe en la Figura 38, para una columna número 41 los *interlocks* de alimentación y vapor, presentando dos etapas, la primera maneja una la presión mayor a 95 psi o una temperatura menor a 80 grados; para el segundo la temperatura es mayor a los 225 grados y el compresor de reciclaje está apagado. La acción correspondiente para una presión mayor a 95 psi es cerrar la válvula de alimentación y para un compresor de reciclaje apagado, cerrar tanto la válvula de alimentación como la de vapor. Este diagnóstico se puede llevar a cabo en las pantallas de nivel 2 o 3, combinarse con otros elementos de *interlocks* de las mismas pantallas de diagnóstico o con las de detalle del nivel 3 o 4 [1].

Figura 34. Ejemplo de una pantalla de nivel 2 para un reactor.



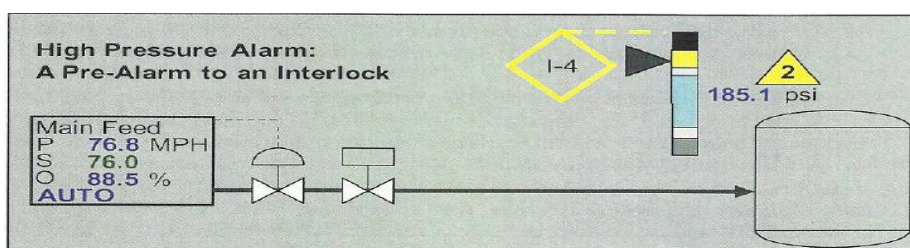
Fuente: Bill Hollifield, 2012.

Figura 35. Representación de interlock Parte 1.



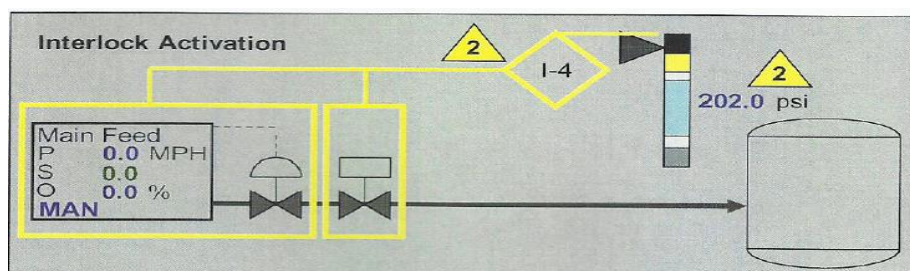
Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 36. Representación de enclavamiento Parte 2.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 37. Representación de interlock Parte 3 [1].



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

Figura 38: Tabla de diagnóstico para un caso con interlocks de vapor y alimentación.

Column 41 Feed & Steam Interlock			
Initiators		Action	
Pressure > 95 AND	X	Feed Valve Closed	
Temp < 80			
OR			
Temp > 225 OR		Steam Valve Closed	
Recycle Compressor OFF	X	Feed Valve Closed Steam Valve Closed	X

Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

2.7.5 Diseño del nivel 3. En este nivel se muestran las sub unidades con mucho más detalle, elementos individuales de cada equipo, pantallas para la resolución de problemas que no son de tiempo crítico, interlocks de diagnóstico, tendencias y lazos de control, con los indicadores, controladores, alarmas e interruptores de estados. Algunas de estas pantallas se basan en los P&ID y para otras su diseño es más especializado para facilitar un análisis más concentrado [1,23]. Puede darse el caso de la existencia de pantallas de nivel 3 para el nivel 2, dado que hay problemas que no se pueden solucionar, ni elementos de fácil acceso desde las pantallas de nivel 2 [1].

Ejemplo: Sistema de tres compresores controlados por un operario y que dependen de ciertos factores para su encendido o apagado. En la pantalla de nivel 2 se presenta un sistema de compresión, que brinda información sobre el control de cada compresor y en el nivel 3 existe una pantalla para cada compresor, concediendo detalles de los elementos, información de forma analógica y gráfica, mejorando la visualización del proceso y para una respuesta rápida. El esquema de pantallas para este ejemplo, se observa en la Figura 39 en donde su fondo gris, el uso de tendencias y de datos claves, permite estar atentos a cualquier signo de alarma y con el transcurso del tiempo, el operario va adquiriendo destrezas para conocer velozmente el estado general del proceso [23]. Notando además que la simplicidad y claridad trae muchas más ventajas, ahorro de tiempo en cuanto al diseño y a la interpretación, pues no hace falta tener una interfaz demasiado llamativa gráficamente si no me proporciona información rápida, real y eficaz del proceso.

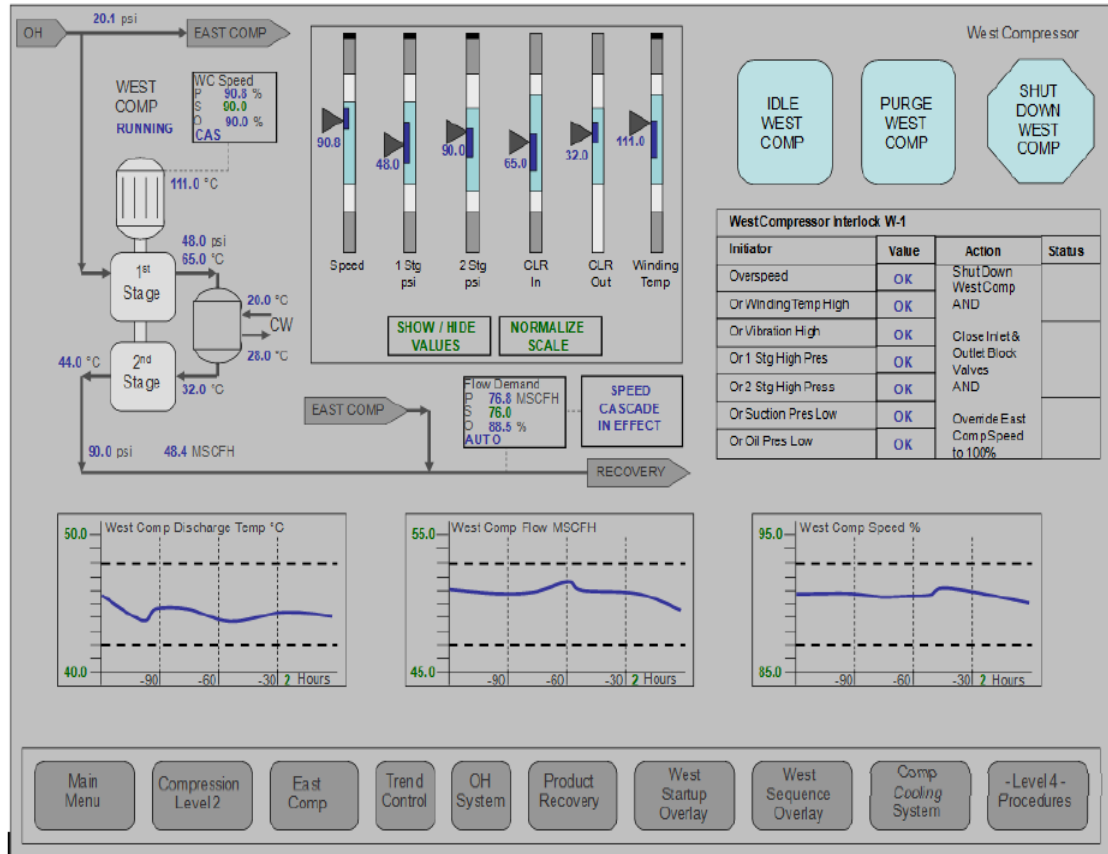
2.7.6 Diseño del Nivel 4. Estas pantallas aportan una mayor cantidad de detalles de subsistemas, sensores individuales y demás componentes, al mismo tiempo que del diagnóstico, procedimientos de operación y documentación de alarmas. La división de las pantallas de nivel 3 y las de nivel 4 es tan sólo con una línea gris más oscura, caracterizándose las últimas por mostrar detalladamente en una alarma el estado de los sensores de forma individual, también del equipo y de la instrumentación, la funcionalidad del control avanzado de procesos (APC), diagnóstico del sistema, resumen de alarmas y ayuda de pantallas. Pero otra clasificación de pantallas de nivel 4, son las que no se relacionan con la información actual del proceso, sino que integran los procedimientos de operación, la guía de respuesta ante situaciones anormales, la documentación de alarma y de control APC [1].

2.8 ERGONOMÍA DE LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

La ergonomía se define como “la ciencia que procura hacer que la relación entre el usuario y el proceso sea lo menos tirante posible” y estudia la manera en “cómo adaptar el entorno a unas condiciones óptimas, en las que el ser humano pueda desarrollar su labor con la mayor eficacia, sin que ello afecte su salud física o psíquica” [27]. Lo que nos lleva a decir que contempla aspectos como la temperatura, la humedad del ambiente, la disposición, equipamiento, iluminación, higiene y ruido. Los principios de ergonomía se dividen en tres: geométricos, temporales y ambientales; se encuentran en la norma UNE 81-425-91 y en la ISO 6385-1981. La posición recomendada para la iluminación es de un

ángulo de 45° (grados), al igual que un adecuado y confortable puesto de trabajo [40]. Se detallan más características en el Anexo C.

Figura 39. Ejemplo esquemático de una pantalla de Nivel 3 de un Compresor.



Fuente: Bill Hollifield, 2012

2.9 SEGURIDAD DE LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

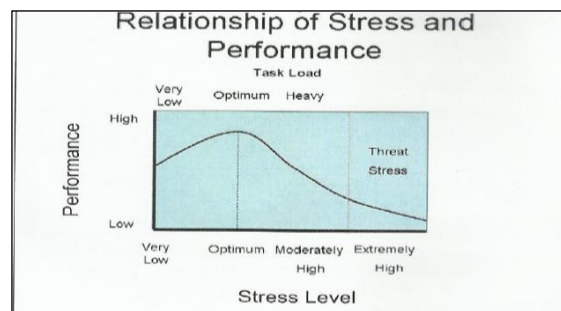
La seguridad es un aspecto incambiable e inolvidable en el diseño de las pantallas HMI, pues si una parte del sistema es inseguro, o no se elabora con la seguridad esperada, al momento de ejecutar el proceso, “un usuario o una situación imprevista puede alterar los parámetros de funcionamiento del sistema, es por eso, que el sistema debe permitir establecer estrategias para prevenir, detectar y defenderse antes estas acciones”. Y haciendo estudios y análisis detallados, se ha llegado a la unanimidad de establecer como estrategias “el establecimiento de toda una serie de derechos y jerarquías de usuario, que limiten el acceso a datos sensibles mediante contraseñas, la encriptación de datos que se emitan desde las RTU, la filtración de toda la información que reciba, la fijación de

caminos de acceso predeterminados para la información y muchas otras, que para el sistema se consideran necesarias” [7,24]. Esta explicación continúa en el Anexo D.

2.10 EVALUACIÓN Y RENDIMIENTO DE LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Las interfaces HMI permiten al operador ver lo que pasa en el mundo que controla, con una vista general de la jerarquía de pantallas y del diagnóstico, de la manera tratada en los anteriores ítems, permitiéndole la percepción de fallas con lo que debe estar en la capacidad de encontrar respuestas que mejoren la situación. En donde el estrés de los trabajadores se relaciona directamente con el rendimiento del proceso, debido a la gestión de la sala de control y del sistema de alarmas; esto se ve en la Figura 40 [1]. De la Figura 40 se concluye que a un nivel óptimo de la carga de trabajo el rendimiento es alto, de lo contrario si el estrés aumenta extremadamente y la carga de trabajo es pesada, el rendimiento disminuye afectando el desarrollo del proceso. La productividad de cada operador se rige en cuatro principios descritos en la Tabla inicial del Anexo E [1]. Se aconseja utilizar perfiles de rendimiento de trabajo, acoplado las capacidades de las personas con las tareas a realizar, para que los gerentes evalúen los niveles de estrés individuales y del equipo de trabajo, generados durante una perturbación y los errores tanto humanos, como de procedimiento, entrada de datos, diagnóstico de problemas, interrupciones en las comunicaciones y acciones incorrectas [1].

Figura 40. Relaciones de estrés y rendimiento.



Fuente: The High Performance HMI Handbook, PAS, 2008.

2.11 MANEJO DE FACTORES PRESENTES EN LAS INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Se quiera o no, en cualquier planta van a existir factores que afecten de una u otra manera, la concentración de los operarios en el desempeño de los procesos; es por tanto el motivo de estudiar un poco aquellos componentes, buscándoles una solución fácil, rápida y oportuna. Teniendo en cuenta siempre que lo primordial es contribuir al correcto desarrollo y rentabilidad del proceso, a la seguridad de los operarios y a un ambiente adecuado de trabajo. Estos factores son los distractores, la acústica, iluminación, brillo, reflejo y animaciones; detallando sus características en el Anexo E.

2.12 SITUACIONES ANORMALES

Las situaciones anormales se presentan por entornos de trabajo deficientes, asociados directamente al diseño de la sala de control, iluminación, reflejos en pantallas contraste por el uso de fondos, paredes, alarmas y son los causantes de múltiples enfermedades. En varias ocasiones, la navegación entre pantallas son las que limitan la capacidad del operador, para que pueda encontrar la información ideal y actuar a tiempo para remediar estas situaciones, pero en otros momentos la intervención humana, desarrolla cambios dentro del proceso que dificulta su dirección oportuna, factor que se analizará más adelante [1]. Para remediar las diferentes situaciones anormales, se adecuan sensores en las interfaces que muestran cambios en el proceso y en las señales, se observan y monitorean las tendencias, captan las alarmas, ajusta el set point, cambian las salidas y entradas, se evalúa, analiza e interpreta las lecturas del proceso y se saca un diagnóstico, hasta lograr corregir el problema. Al buscar soluciones para las anomalías, siempre tener presente de que se debe atacar al problema y no a las personas; hacer uso por ejemplo de las entrevistas a los operarios que estuvieron presentes durante el fallo, para detectar que fue lo que salió mal. Una buena opción es elaborar cuestionarios que contengan preguntas para saber qué funcionó bien y qué no; retos planteados por la situación, comodidad con el manejo, cómo se sentirían los demás trabajadores si se hubieran encontrado en ese sector, reacciones esperadas y presentadas, herramientas disponibles y requeridas para solventar el daño, presión psicológica, calidad en el manejo de la perturbación, calidad de las capacitaciones e información brindada [1].

2.13 ADMINISTRACIÓN DE PERSONAL

Si bien es cierto, actualmente la mayoría de procesos trabajan de forma autónoma, pero a pesar de ello, siempre será necesario involucrar a operadores en diferentes partes del proceso. Muchas personas creen que con la automatización, las personas quedarán desempleadas, desconociendo que para que un proceso funcione adecuadamente es necesario involucrar personal dentro del ámbito de control y manipulación de la planta, siendo el factor humano el más importante dentro de una empresa. Pues hay situaciones que las máquinas solas no van a poder controlar ni solucionar, seguido de que fallan y es necesario contar con personal calificado para repararlas y evitar un paro inoportuno en la producción. Por otro lado, en la construcción de proyectos, propuestas de producción y la administración del personal como tal, se debe tener en cuenta que se debe plantear mecanismos y jornadas de trabajo; de tal manera que se cumpla con los requerimientos y objetivos de la empresa, pero que no se exceda en carga laboral. Pues si no se plantean normas correctas dentro del proceso, se expondrá la vida del operador, lo que puede conllevar a un riesgo general y a consecuencias fatales. En esta parte, se debe inculcar un buen liderazgo y más que sólo enfocarse en cumplir los objetivos de producción, es velar por cada parte de la organización. Siendo una organización un conjunto de elementos, que se encuentra formado por recursos humanos, financieros, físicos y de información; de manera ordenada y regulada por un conjunto de normas y con determinados fines [42]. Es por esto que en el Anexo F se hablará sobre el estudio que debe realizarse a la carga laboral, los errores que se pueden cometer por parte del

personal, las capacitaciones que se deben efectuar y la importancia de que el diseñador de las interfaces piense como operador antes de elaborarlas.

2.14 SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DE INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO

Las interfaces necesitan de un software de programación, en el que se hace posible la realización de sus funciones y la implementación de la solución que se quiere brindar. Desde los inicios de los HMI se han implementado en el mercado varios software, los cuales se han ido actualizado año tras año, dependiendo de los avances tecnológicos, industriales y se han ido acomodando a las necesidades de los clientes. Las características de este software van hacia los lineamientos de un correcto manejo del canal de comunicación con sus respectivos protocolos, conexión a redes y a una alta variedad de instrumentación, manejo y actualización de una base de datos, alarmas, historicos, además de una alta capacidad de programación y de una transferencia dinámica de datos [7]. Los más comunes son:

2.14.1 SIEMENS. De la familia SIMATIC, cronologicamente ésta empresa ha manejado los siguientes software: Comtext, ProTool, WinCC Flexible, TIA Portal - “Totally Integrated Automation” [43].

2.14.2 ROCKWELL AUTOMATION. MicroView MDPS y Panel Builder 32 [43]. Rockwell maneja una gran variedad de software, pero los destinados a las pantallas HMI son: Factory Talk View Machine Edition [44], Factory Talk View Site Edition [45], Factory Talk ViewPoint [46] y RsView 32 [47].

2.14.3 DELTA. [43].

2.14.4 B&R AUTOMATION STUDIO [43].

2.14.5 SCHNEIDER ELECTRIC. Wonderware InTouch [48], Wonderware InTouch Acceso desde cualquier lugar [49], Wonderware InTouch Machine Edition [50], Wonderware System Platform [51], Wonderware Servidores de integración de dispositivos [52], Wonderware Toolkits [53] y Wonderware Informática Industrial [54].

2.14.6 iFIX. [55].

2.14.7 Labview – National Instruments [55].

2.14.8 SCS – Omron [55].

3. CAPÍTULO 3. GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES HOMBRE – MÁQUINA HMI DE ALTO RENDIMIENTO.

Teniendo como base las condiciones de diseño e implementación, los criterios técnicos, tecnológicos y como consecuencia de los objetivos planteados inicialmente para este trabajo, que incluyen la conceptualización de una guía práctica para interfaces HMI, desplegando objetivos específicos como para analizar las anteriores prácticas, estudiar nuevos enfoques y concluir al respecto; se logró concretar una guía práctica que es uno de los mayores aportes de este trabajo. Si bien es cierto, existen algunas definiciones públicas sobre alto rendimiento, pero en ningún lugar se encuentran como una guía, norma o estándar, lo cual hace de gran manera diferenciable todo lo consignado en la guía propuesta; en la que se delimitan unas consideraciones iniciales y unas recomendaciones para emprender el proyecto de elaborar HMI. Esta guía será útil no sólo para la empresa OMNICON, sino para todas las que deseen incursionar en este nuevo enfoque.

3.1 CONSIDERACIONES INICIALES

3.1.1 Diagnóstico de la empresa. Para el éxito de cualquier proyecto dentro de una empresa, se debe incorporar metodologías que permitan un adecuado manejo de los sistemas de producción, enfocándose en los diferentes miembros quienes en conjunto construirán las bases de una empresa más eficiente y rentable. Resaltando las fases de la metodología para la automatización de procesos industriales, en donde indican lo que se espera que realizará cada proceso, elaborando un correcto diagnóstico de detalle, un estudio de factibilidad, una ingeniería de detalle y un plan de implementación; creando así proyectos integrales que satisfagan cada necesidad de los clientes [56]. En este caso, se busca implementar interfaces Hombre – Máquina, para las cuales se estudia la propuesta del cliente, se analizan los requerimientos, luego se examina la viabilidad de la realización del proyecto y la factibilidad de acoplar las nuevas medidas de Alto Rendimiento. La evolución y éxito del proyecto consiste en determinar inicialmente, con cuales herramientas y recursos cuenta la empresa y si son suficientes para llevar a cabo el desarrollo. Teniendo claro los recursos, se elige el personal más acorde y que mejor se acople al proyecto, conformando un equipo de trabajo sólido, de tal manera que al dividir el proyecto en etapas, se deleguen funciones y se proponga un cronograma de actividades que agilice la correcta realización del proyecto. Es importante en este punto, darle a conocer al cliente las ventajas que surgen, al adoptar interfaces bajo los principios de Alto Rendimiento y cómo éstas beneficiarían su empresa; comparando los tiempos de respuesta, la facilidad en el entendimiento del proceso, el reconocimiento de alarmas y la seguridad general. Siempre es bueno documentar cada propuesta que se haga, para que no surjan confusiones, no se cometan errores, se cumplan etapas, se solucionen problemas y el cliente conozca la funcionalidad final de su interfaz.

En definitiva, tener claro hacia dónde se va, qué se quiere realizar, qué necesidades se van a suplir, cómo es el manejo óptimo y futuro, qué problemas pueden surgir y cómo

repercutirán en la empresa; constituyen la raíz para una secuencia de pasos, que permitan llevar a cabo la ejecución de las interfaces HMI, tal como se sugieren a continuación:

3.1.1.1 Recepción de la solicitud del cliente. El cliente solicita elaborar una interfaz de visualización para un proceso específico, cuyas características deben ser descritas en un documento de apoyo, con toda la información relevante y detallada del proceso. Desmenuzando los por menores, de lo que se quiere lograr con la incorporación de la interfaz, todas las anomalías que han ocurrido y las que pueden generarse.

3.1.1.2 Análisis de la solicitud del cliente. Cada solicitud del cliente requiere un estudio minucioso de las propuestas, ayudando a delimitar la proyección, éxitos y fracasos al ejecutar dicho proyecto, estimando alternativas y escogiendo el camino más rentable.

3.1.1.3 Firma de acuerdos con el cliente. Aquí, la empresa desarrolladora se compromete a exponerle al cliente qué tan provechosa es su propuesta y si es una buena o mala opción para ejecutar su solicitud. Si no es ideal, se le planteará una opción de cambio, con las tendencias de un Alto Rendimiento, que supla cada una de sus necesidades, pero que conlleve a una excelente interfaz de supervisión y que cumpla con sus objetivos. Cuando se tenga una solución de mutuo acuerdo y luego de documentar las decisiones finales, se firman el contrato por ambas partes.

3.1.1.4 Elección equipo de trabajo para el proyecto. Luego de haber firmado el contrato con el cliente, el considerar la conformación de un equipo de trabajo, permite un desempeño ideal de las metas trazadas; al igual que cuando se escoge de los integrantes de la empresa, aquellos que tengan aptitudes, mayores conocimientos y capacidades acordes a la elaboración de las interfaces HMI. Es apropiado aclarar, que el mismo personal empleado en el diseño no puede ser el mismo que se encargue de revisarlo, verificarlo y validarlo, pues al separar responsabilidades se da una mayor consistencia y veracidad al producto final. El diseño, acople y modo de trabajo no debe depender de cada ingeniero o desarrollador de la interfaz, pues es trascendental su creatividad y conocimiento, porque en ocasiones puede incumplir los parámetros para un Alto Rendimiento. Es por tanto un factor clave el manejo de estándares, mediante los cuales todos los desarrollos se enfocan hacia un mismo objetivo, evitando la re ingeniería y se pueda realizar en cualquier software de programación, considerando la disponibilidad dentro de la empresa.

3.1.1.5 Objetivo de proyecto. Todo proyecto debe precisar unos objetivos, que son las metas claras para construir la interfaz HMI, habilitando actividades que contribuyan a ese fin principal y que al cumplir con todas las prácticas decretadas en su totalidad, se llegue a la satisfacción del cliente y a suplir cada uno de sus requerimientos.

3.1.1.6 Alcance del proyecto. Al tener objetivos y actividades claras, es más fácil establecer un tiempo máximo para llevar a cabo el proyecto y determinar hasta qué punto se va a suplir y no llegar a la extensión de las actividades sin un fin claro, controlando los cambios y buscando que el proyecto no se desvíe de su curso inicial.

3.1.1.7 Definiciones iniciales para el proyecto. Antes de arrancar con el proyecto, se precisan las definiciones, significados de las herramientas y recursos utilizados a lo largo del proyecto; de tal modo que todos los integrantes del equipo de trabajo hablen el mismo idioma, se ayuden cuando se presente algún problema o haya alguna duda.

3.1.1.8 Documentación de las decisiones tomadas en el equipo de trabajo. Toda decisión, observación, problema y solución presente en el proyecto, se documenta para llevar un orden, claridad en la información, control y verificación de resultados. Si un miembro decide retirarse por cualquier razón, el nuevo integrante se acoplará fácilmente gracias a la documentación de avances y actividades cumplidas.

3.1.1.9 Cronograma de actividades para el proyecto. Al tener objetivos y equipo de trabajo claro, sólo queda dividir los objetivos en actividades concretas, generando un mayor desenlace de las soluciones y un calendario que permite el control de marcha.

3.1.1.10 Delegación de funciones para el proyecto. De la misma manera en que se escogen los miembros del equipo de trabajo, así mismo se le delegan las actividades analizando estudios y capacidades laborales.

3.1.1.11 Identificación de los requerimientos del cliente y necesidades a suplir. Se debe documentar todas las necesidades que plantea el cliente, analizar el contexto y el entorno, saber el qué / cómo / cuando / para qué / donde se va a realizar cada requerimiento del cliente y así lograr el éxito del proyecto; evitando requerimientos abstractos y dispersos. Todo lo anterior, para que la interfaz sea coherente, de fácil manejo, permita visualizar el proceso y detectar a tiempo anomalías; pero sobre todo corregirlas y que no se generen problemas mayores es decir, que exista una correcta operabilidad del sistema.

3.1.1.12 Identificación de recursos, materiales, materias primas, insumos y residuos del proceso. Luego de detectar la instrumentación y los recursos con los que cuenta el cliente, se descompone cada etapa para que no falte ninguno a la hora de diseñar la interfaz y haya un correcto funcionamiento de la planta. En ocasiones, es conveniente usar el diagrama P&ID para detectar la instrumentación usada, pero sin caer en el error de transcribirlo, como en las prácticas pasadas, que no llevan a un Alto Rendimiento.

3.1.1.13 Prototipo del cliente. El cliente no cuenta con ningún prototipo, salvo el diseño de la distribución de planta.

3.1.1.14 Enfoque hacia un Alto Rendimiento. En este punto, juega un papel muy importante los principios mencionados en el segundo capítulo de esta investigación, tales como los tonos de colores en una escala de grises, fondos nada llamativos, alarmas manejadas bajo cuatro métodos, gráficos en 2D, animaciones sólo para eventos importantes y de riesgo; uso de textos concretos y claros, minimización de distracciones, adecuada iluminación y disposición de la sala de control.

3.1.1.15 Levantamiento de información. Si el cliente no entrega información suficiente del proceso, se encarga a un grupo de ingenieros para que hagan una profundización y se

pueda elaborar una adecuada interfaz. Por ejemplo saber la cantidad de molinos empleados, bandas transportadoras, etapas de desarrollo, utilización de recursos, materias primas e instrumentación. Es conveniente consolidar herramientas necesarias para construir un modelado de las interfaces de supervisión, bajo una guía y un margen sobre el cual realizar el diseño de la interfaz, se facilite la programación del PLC y del HMI. Ya cuando se tiene toda la programación realizada y con una información consolidada del proceso, al cual se le va a adaptar una interfaz de supervisión, se procede a realizar las respectivas pruebas, simulación, arranque y puesta en marcha.

La manera mediante la cual se va a diseñar la interfaz se establece:

3.1.1.16 Ciclo de vida del proyecto. Todo proyecto cuenta con cuatro etapas en las que se define la construcción de su objetivo: iniciación, desarrollo, prueba y culminación. Sin embargo, éste diagrama depende de cada proceso y es conveniente realizarlo para darle un orden cronológico, a cada una de las actividades propuestas para cumplir los objetivos.

3.1.1.17 Cadena de valor general. Al tener un orden ideal para el cumplimiento de las actividades, se lleva un mayor control y se mejora la comunicación entre todos los miembros del equipo de trabajo. Para el caso de las interfaces HMI, como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, es importante atender las solicitudes del cliente, evaluar el proceso a visualizar y las capacidades de supervisión. Luego de recibir el proyecto, se realiza una planificación para poder llevarlo a cabo, estableciendo un financiamiento del proyecto, organizando cada actividad en un cronograma, de acuerdo a la delegación de funciones, evaluando y controlando el cumplimiento de los avances. Seguido, de la elaboración de modelos que faciliten el diseño de la interfaz, limitando la instrumentación, recursos y equipos utilizados; basándose en los principios de Alto Rendimiento, estudiados en el capítulo 2. Para que haya un correcto diseño, éste debe ir acompañado de una programación, tanto del HMI como del PLC, pues en conjunto constituyen la interfaz de supervisión. Para verificar el cumplimiento de los objetivos de la interfaz, se somete a simulaciones y a pruebas, en donde se verifica y se comprueba su arranque y luego de que tenga una aceptación total, se pone en servicio y se entrega. De lo contrario, se corrigen los errores encontrados y sólo cuando apruebe cada una de las pruebas se suministrará al cliente.

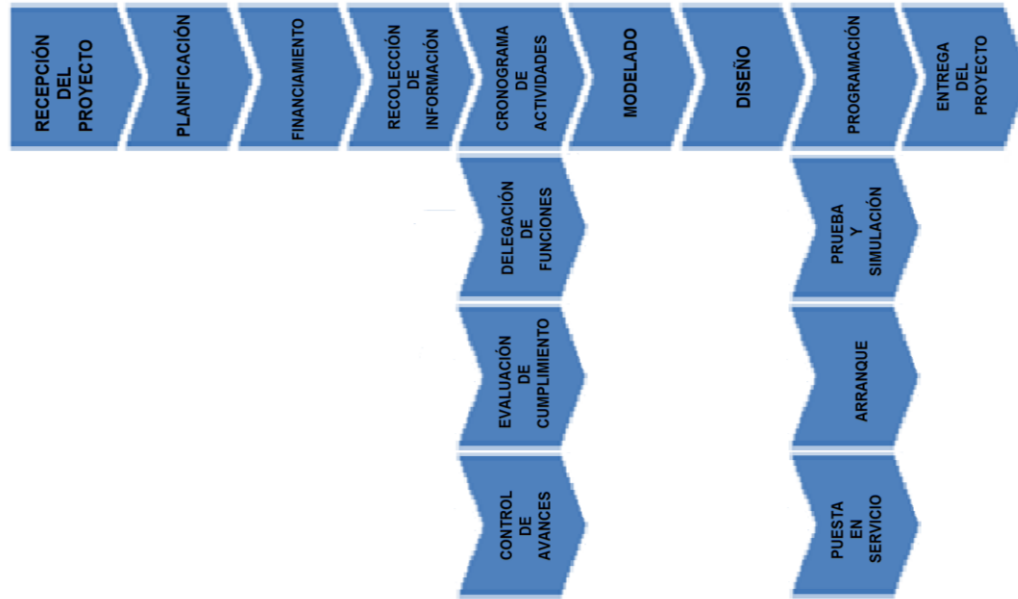
La cadena de valor se contempla en la Figura 41, presentando desde la unidad más pequeña hasta la más grande, aunque se acoplada al tamaño, visión, misión y proceso de cada empresa.

La elaboración del diagnóstico y de los detalles del proyecto, permiten mejorar el diseño de las interfaces HMI sometidas a los principios de Alto Rendimiento, garantizando una mejor seguridad tanto para los trabajadores como para el proceso.

3.1.2 Estudio de factibilidad. El estudio de factibilidad de un proyecto es útil, cuando se busca recopilar datos relevantes en cuanto a su desarrollo y tomar decisiones respecto a su implementación [57]. En seguida, se va a desglosar la cadena de valor inicial, para darle mayor consistencia a las entradas y salidas del proceso. Finalmente se comprueba

que dicho proyecto es realizable, con todas sus especificaciones estudiadas y determinadas.

Figura 41. Cadena de valor de Alto Nivel para elaborar una interfaz HMI.



Fuente: Propia, 2015.

Adicional a esto, un sistema es factible si y sólo si cumple con las perspectivas técnicas, legales, económicas, ambientales, de política y gestión [58]. La perspectiva técnica determina si es posible o no realizar el proyecto, física y materialmente; la legal si existen impedimentos para la instalación, incluyendo las normas internas, nacionales e internacionales. La perspectiva económica es fundamental para la parte de la demanda y la oferta, lo que significa que si se cuenta o no con el dinero suficiente para poder ofrecer solución al cliente y para dar resultados completos del mismo. La de política y gestión va dirigida hacia el personal del cliente, encargado de recibir o no la interfaz; y la ambiental no es muy trascendental para las interfaces HMI, pero se debe tener en cuenta cuando el proceso lo requiera. Por ende, cuando se cumplan estos pasos, la conveniencia de la ejecución de dicha interfaz, es la principal conclusión.

3.1.2.1 Cadena de valor detallada. Si analizamos una vez más la cadena de valor inicial (Figura 9), realizada en la fase de diagnóstico, se nota que no es suficiente para concluir sobre la viabilidad de un proyecto y por esto, a continuación se describen los flujos de productos, procesos, información y demás; especificando detalladamente cada una de las actividades inmersas en la cadena general y creando una adicional para cada eslabón. A razón de esto, se presenta las Figura 42 para facilitar algunos pasos en la recepción del proyecto, porque es necesario conocer el proyecto, sus requerimientos y garantizar el cumplimiento de todas las funciones de supervisión, monitoreo y control que se esperan de una interfaz HMI. Al diagnosticar las entradas y salidas de un sistema, se vela por una

correcta comunicación y desarrollo funcional del proceso, pues al delegar un responsable para cada tarea, se logra un mayor control en cada etapa y el cumplimiento total del proyecto.

Figura 42. Cadena de valor de la Recepción del proyecto de la interfaz HMI.

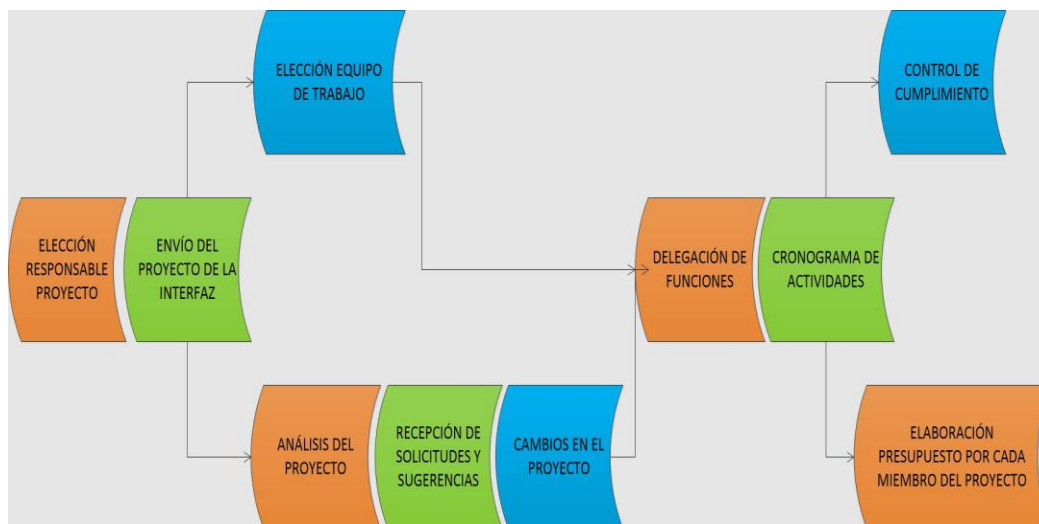


Fuente: Propia, 2015.

En la Figura 43 se narra la cadena de valor de la recepción del proyecto del cliente, quien es el que solicita la creación de la interfaz HMI, pero todo comienza con una buena comunicación, para convencerlo de que la empresa es la mejor opción para llevar a cabo su objetivo de crear la interfaz. De igual manera, se reciben todas las sugerencias por parte del cliente y del mismo modo se le efectúan otras, con el fin de que el desarrollo del proyecto sea un éxito y de beneficio mutuo. Luego de llegar a un consenso, se pacta un acuerdo con el cliente y tanto las decisiones como las actividades quedan por escrito, para que ya la empresa desarrolladora pueda ejecutar sus funciones. La persona que tuvo contacto con el cliente, redacta un documento que va dirigido al gerente o superior, que es de gran ayuda en la escogencia de la persona más idónea, para ser el responsable de su ejecución. Cuando el encargado del proyecto haya recibido el documento de apoyo, que permite conocer a cuales metas se debe llegar, se conforma un equipo de trabajo y en conjunto lo estudiarán, analizarán, recibirán solicitudes, sugerencias y harán los cambios respectivos. Para que finalmente, teniendo claras todas las partes del proyecto, se proceda a delegar funciones y a organizarlas cronológicamente y al crear un presupuesto por cada miembro del equipo, la realización del proyecto sea fácil en su totalidad. Es factible hacer un seguimiento al cronograma, velando por un cumplimiento oportuno y de lo pactado con el cliente, observado gráficamente en la Figura 43. El proyecto de creación de la interfaz HMI se divide en cuatro partes fundamentales, dentro de las que se destaca su diseño, revisión, verificación y validación. Delegando para cada parte a una persona diferente, lo que le da mayor consistencia y equilibrio; pero una excelente comunicación es la base para poner en marcha el proyecto y lograr cada objetivo. El responsable del proyecto recibe de la cadena de valor de planificación (Figura 43), la propuesta del presupuesto, se encarga de analizarla y de elaborar una nueva acorde al estado financiero de la empresa; controlando además los recursos cuando se envían para el uso en cada una de las fases del proyecto.

La recopilación de todo lo percibido del sistema y de los operarios, se tiene en cuenta para establecer un documento de sugerencias y mejoras; centrándose en un funcionamiento impecable, esperado para cada unidad y área del proceso. Finalmente, logrando describir la propuesta mejorada para producir la interfaz HMI, será útil en cuanto a su ejecución y se puede enviar a cada miembro del proyecto.

Figura 43. Cadena de valor de la Planificación del proyecto de la interfaz HMI.



Fuente: Propia, 2015.

Como todo proyecto al pretender cumplir con sus objetivos, incluye una serie de funciones acopladas en un cronograma de actividades; el cuál parte de la recepción de una propuesta, la analiza con el equipo de trabajo, genera actividades que se distribuyen entre los miembros, evalúa y controla cada avance del mismo.

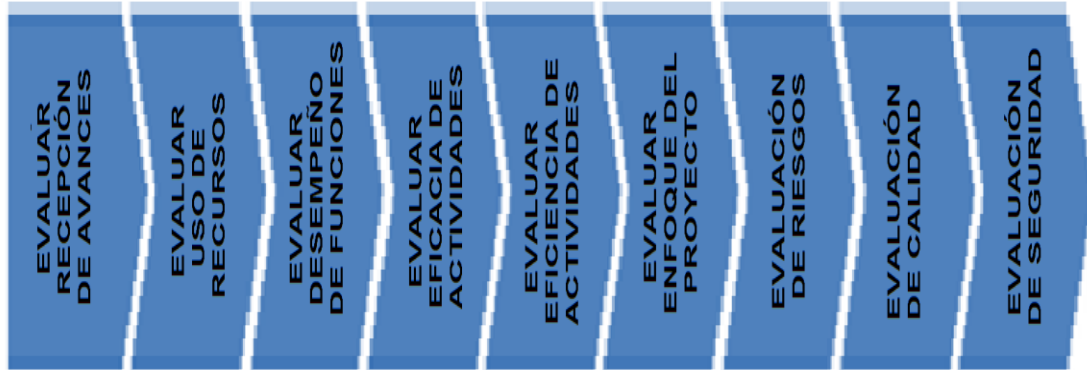
Se analiza el perfil del personal de la empresa escogiendo de los mismos, los trabajadores más competentes para cada función, reuniendo así a los de mayor conocimiento en los temas de interés. Posterior a esto se firmará un contrato, se evaluará y controlará cada avance al igual que en las anteriores secciones.

Una evaluación del cumplimiento de todos los pasos del proyecto, ayuda a que la interfaz que se está desarrollando se ejecute con calidad, cumpla con las normas de seguridad, use adecuadamente los recursos, se desempeñe eficaz y correctamente, tenga un buen enfoque, maneje adecuadamente los riesgos, facilite a los operarios la detección de alarmas, situaciones anormales y demás aspectos contemplados alrededor de este proyecto de grado; se tiene en cuenta la Figura 44.

Los avances son regulados de acuerdo al compromiso inicial del proyecto en la empresa, con el cliente y al cronograma de actividades. Documentando tanto al iniciar como al terminar cada paso por mínimo que parezca, pues ayuda a regular los avances de las funciones.

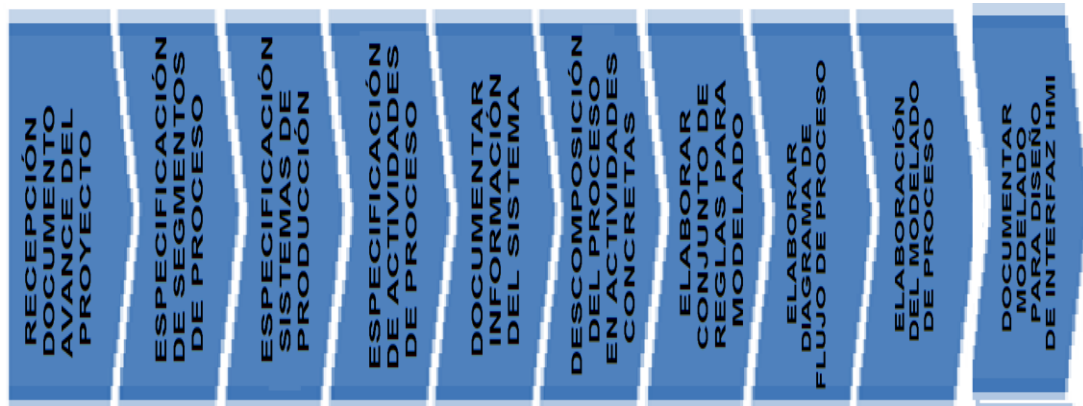
El modelado del sistema de producción de la interfaz HMI, es bueno para el entendimiento del mismo, consiguiendo que las partes más pequeñas no se olviden y se pueda visualizar todo el sistema, sin generar problemas futuros. Es por eso que se tiene en cuenta los avances del proyecto, en cada segmento del proceso. Contemplado en la Figura 45.

Figura 44. Cadena de valor de la evaluación de cumplimiento del proyecto del HMI.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 45. Cadena de valor del modelado del proyecto de la interfaz HMI.

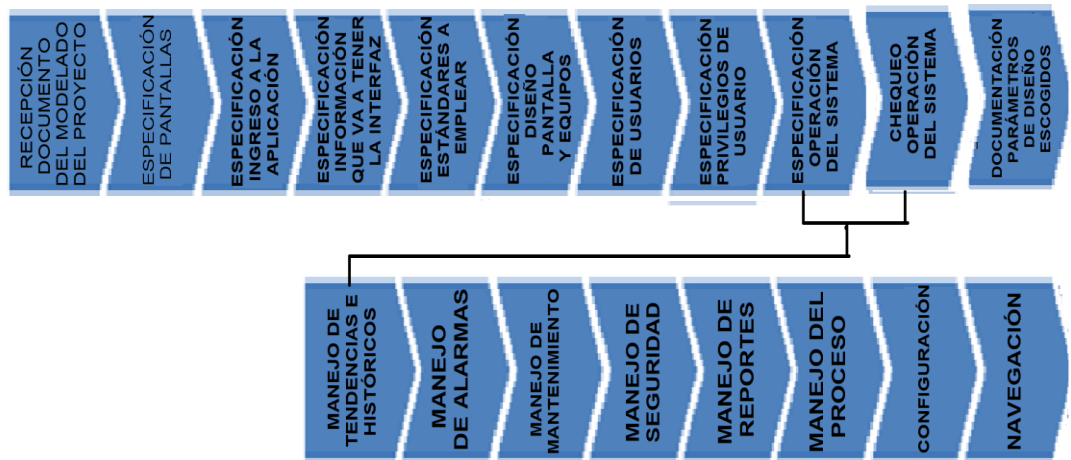


Fuente: Propia, 2015.

La parte más crucial de la creación de las interfaces HMI es su diseño, tema primordial en el desarrollo de la tesis y es aquí en donde se ve la importancia de adquirir principios, métodos y prioridades para un Alto Rendimiento. El diseño consiste en partir del modelado de lo que se busca construir en la interfaz y dependiendo del proceso se especifica qué se tendrá en cada una de las pantallas. Igualmente se determina cómo será el ingreso a la aplicación, los permisos para cada usuario, el nivel en el que se expondrán las pantallas, los estándares para la ergonomía, seguridad e indicadores de la distribución de las pantallas, la navegación, el estado de los equipos, los eventos del proceso, uso del color, fuentes para información textual, valores, gráficos, tendencias, reportes, alarmas, privilegios de usuarios, configuración, comandos de entrada y salida de datos; chequeando la operación del sistema y documentando aquellos parámetros seleccionados. Sin pasar desapercibido el hecho de que un mayor conocimiento en el diseño de las interfaces HMI, juega un papel de carácter distinguible para el proyecto, que finalmente se convierte en una carta a favor o en contra, tanto en la aceptación de la

interfaz como en el reconocimiento económico y de preferencia en usuarios futuros. Un correcto diseño de HMI debe estar lejos de transcribir los P&ID, pues la recarga de información y la acumulación de números, realmente genera distracciones y no utilidad dentro del proceso; se observa la Figura 46.

Figura 46. Cadena de valor del diseño de las interfaces en el proyecto del HMI



Fuente: Propia, 2015.

La programación va de la mano con el diseño de la interfaz HMI y se tiene en cuenta los anteriores estudios de parámetros, la instrumentación presente en el proceso, los estándares recomendados y usados por la empresa desarrolladora; sin olvidar guardar y documentar cada avance ganado (Figura 47).

Figura 47. Cadena de valor de la programación de interfaces en el proyecto de HMI.



Fuente: Propia, 2015.

Posterior al desarrollo del diseño de la interfaz y de su programación, se requiere probar que lo realizado si cumpla con los requerimientos del cliente y con los acuerdos pactados en el equipo de trabajo. Si dado el caso, no se llegara a cumplir alguna parte de lo esperado, se debe informar y documentar cada problema percibido, permitiendo un orden dentro de la ejecución del proyecto. Las simulaciones y pruebas se realizarán las veces que sean necesarias, para conseguir una interfaz ideal y acorde al proceso al cual ha sido destinado. La respectiva cadena de valor para la parte de pruebas y simulación, se observa en la Figura 48.

Figura 48. Cadena de valor de las pruebas y simulación del proyecto de interfaces HMI



Fuente: Propia, 2015.

Los cambios en el diseño y en la programación son críticos, pues de ellos depende la culminación o estancamiento del proyecto y en ellos se basa la construcción de la interfaz. Documentando, analizando y probando cada cambio visto y ejecutado. Al haber probado con una cantidad suficiente de simulaciones y al contar con la aprobación de los miembros del equipo de trabajo, se procede a comprobar su funcionamiento en la planta real, junto al cliente y a sus operarios. Cuando el arranque ha sido aceptado por el cliente, los operarios y la empresa desarrolladora; se continúa con la recepción del documento de aceptación, se adaptan la interfaz dentro de la planta, se prueba nuevamente su funcionamiento y se documenta cada problema o situación generada. Si la puesta en servicio es correcta, es hora de entregarle la interfaz al cliente y un documento que certifique su funcionamiento, los cambios realizados, las dificultades en su realización y los problemas generados o que se puedan dar a futuro; pero sobre todo una respuesta y solución a cada uno de ellos. La empresa desarrolladora debe estar abierta a recibir cualquier sugerencia del cliente y entregarle todo lo que necesita para una operabilidad correcta del sistema, con lo que se da por terminado el contrato pactado. Por otro lado, teniendo muy claro las entradas y salidas del proceso, es sustancial retomar las perspectivas tenidas en cuenta, al iniciar la segunda parte de este tercer capítulo, tales como:

3.1.2.2 Normas y regulaciones para el proyecto. Sugeridas bajo los principios de Alto Rendimiento (Capítulo 2).

3.1.2.3 Documentos de referencia. Documentos elaborados a lo largo de la culminación de los pasos, que hacen parte del proyecto de desarrollo del HMI.

3.1.2.4 Elaboración de un documento para el control de cambios en el proyecto. En este documento se especifican todos los cambios o variaciones que sufren las diferentes etapas de la interfaz.

3.1.2.5 Análisis de los avances y objetivos del proyecto. El control de las tareas hace que se cumpla con los objetivos del mismo y si una persona no es competente para el cargo al cual fue asignado, se pueda sustituir a tiempo, para que no haya problema en el curso normal del proyecto.

3.1.2.6 Análisis de la comparación de los requerimientos del cliente con su viabilidad. No necesariamente los requerimientos del cliente son adecuados ni viables, en ocasiones no cumplen con los lineamientos de un Alto Rendimiento o no son

coherentes para elaborar una interfaz. Es ahí donde la empresa desarrolladora, empieza a cumplir con su papel de solucionar dudas o aconsejar hacia unas buenas prácticas en interfaces de supervisión.

3.1.2.7 Elaborar un resumen del proyecto. Para proyectos futuros y para evidenciar los que ya se han hecho, es bueno consolidar un documento, en el que se especifique todas las características de dicho proceso, los cambios efectuados, la navegación entre las pantallas y la optimización de cada uno de los recursos del cliente. Reflexionando en todo lo anterior y verificando su realización, se concreta el cumplimiento de la perspectiva técnica, legal, económica, de política, de gestión y se le da el visto bueno para proceder a la denominada ingeniería de detalle y al plan de implementación.

3.1.3 Ingeniería de detalle. El estudio de diagnóstico y factibilidad, tiene como objetivo analizar el problema y definir con base a él, las soluciones más adecuadas que se convertirán en respuestas únicas dentro de una ingeniería de detalle, que es el espacio en donde se concretan, se describen y se detallan en su totalidad. Todo lo anterior, para hacer realidad dichas soluciones con un alto grado de precisión, definiendo las características fundamentales, los componentes y las partes que integrarán el proyecto de diseño de un HMI, bajo los criterios de Alto Rendimiento [59]. De igual manera, al establecer las acciones y actividades fundamentales, se determinan los requerimientos técnicos definidos por el cliente, sobre todo cuando el diseño básico es insuficiente, inexistente o no contiene información que garantice una elevada fiabilidad en los resultados del proyecto. En caso contrario, se puede optar por revisar los planos, instrumentos, equipos, disponibilidad de recursos, selección de los criterios técnicos, cronología del proyecto, asignación de responsabilidades, valoración del contrato, diagramas y flujos generales del proceso, lineamientos y orientaciones preliminares para establecer metas de cumplimiento, combinando métodos e instrucciones [59].

Para garantizar una ejecución oportuna del proyecto, resulta útil el abarcar, comprobar, confirmar, modificar las hipótesis y las soluciones del diseño básico. Permitiendo entregarle al cliente información técnica relevante, junto a los detalles de construcción y requisitos de diseño; basándose en el objetivo del proyecto y de una elaboración con calidad. Aunque todo consiste también en programar las diferentes actividades para garantizar la ejecución oportuna del proyecto y que los factores presentes abarquen la comprobación, confirmación, permita la modificación de las hipótesis y del diseño básico. Por consiguiente, para llevar a cabo la ingeniería de detalle se tienen en cuenta los siguientes pasos [59]:

3.1.3.1 Requerimientos de las fases de diagnóstico y factibilidad. La base para las especificaciones de requerimientos, normas técnicas, perfiles de equipo de trabajo, estándares, recursos, documentos de descripción del funcionamiento del proceso, bocetos, diagramas de flujo del proceso, P&ID y de lazo de control; surgen de acuerdo a las necesidades, factores y revisión de los estudios previos de cada propuesta de diseño y a sus concernientes características para cada fase. No obstante, el entender mejor el proceso, proporciona una idea general a desarrollar y faculta la creación de una lista de

datos necesarios, trazando una guía global para la realización del HMI de Alto Rendimiento; definiendo alcances para verificar la coherencia de la misma. Es importante tener presente la cadena de valor descrita anteriormente, capacitando a los operarios en el uso, conceptos y criterios técnicos. Revisando la información inicial del proyecto, objetivos, alcances, registro de cada acta de planeación, definición del conjunto de actividades secuenciales y análisis de avances, para que se llegue a un acuerdo en el equipo de trabajo y se eviten problemas más adelante [59]. Se retoma lo planteado en el ítem 3.1, especialmente los sub ítems 3.1.2, 3.1.7, 3.1.11 y 3.1.15, fijando una vigencia para el contrato firmado por las partes.

3.1.3.2 Especificación de diseño. Al abordar el diseño de un proceso automatizado, se espera encontrar documentos que expresen una identificación de unidades, fases, recetas, requerimientos de diagnóstico y factibilidad. Elaborando actas de aceptación del diseño, especificando lo que se desea como resultado final y con lo que se convertirá en una línea estricta de trabajo para el diseñador. El diseño consta de unas reglas centrado en el usuario final, en su visión del sistema y en la facultad de permitir una toma de decisiones ante situaciones anormales, liberarlo de una acumulación de carga mental y ejecutar acciones ante la presencia de errores humanos [59]. Para cada una de las doce etapas del método de Alto Rendimiento, se suministran especificaciones, basados en criterios técnicos del HMI explicados en el Capítulo 2; resaltando que si se olvidó algún paso o definición, se puede caer en graves problemas. Para darle una mayor consistencia a los anteriores pasos, se debe detallar en profundidad lo que serán los pasos para diseñar interfaces HMI. Definir la arquitectura a utilizar, concretar una distribución de pantallas acorde al proceso, fijar una navegación entre todas las pantallas, facilitando el movimiento desde la pantalla general hasta las que son más específicas, es decir inicio-fin / fin-inicio. Hacer uso de los doce colores establecidos para Alto Rendimiento, uso adecuado de textos, líneas, valores, estados de equipos, eventos del proceso, comandos y entrada de datos. Definiendo para cada equipo que conforma las unidades, que hacen: la arquitectura, la distribución de pantallas, jerarquía de pantallas, navegación entre pantallas, color, textos, valores, estado de los equipos, eventos del proceso, comandos, entrada de datos, líneas y alarmas.

3.1.3.3 ESTÁNDARES ISA 88 Y 95. Se sugiere aplicar estos estándares según cada proceso requiera, ya que permite tener más claro los requerimientos del proyecto, desde donde se parte y hasta donde se quiere llegar [60,61,62]. Los modelos correspondientes a cada estándar, se consignan en las Tablas 7 y 8 respectivamente.

Tabla 7. Modelos presentes en la parte uno de la norma ISA 88.

MODELOS ISA 88 - 01		
FISICO	CONTROL DE PROCEDIMIENTO	PROCESO
Célula de proceso	Procedimiento	Proceso
Unidades	Procedimiento de unidad	Etapas de proceso
Módulos de equipo	Operación	Operaciones de proceso
Módulos de control	Fases	Acciones de proceso

Fuente: Propia, 2015.

Tabla 8. Modelos presentes en la parte uno de la norma ISA 95.

MODELOS ISA 95 - 01					
Objetos	Materiales	Equipos	Segmento de proceso	Segmento de producto	Definición de producto

Fuente: Propia, 2015.

3.1.3.3.1 ISA 88.01. Esta norma en su parte uno, maneja tres modelos (Tabla 7) que se analizarán en profundidad a continuación [60].

3.1.3.3.1.1 Modelo físico. Dentro del desarrollo de un proyecto, es indispensable conocer la parte física de la planta, obteniendo datos relevantes sobre las capacidades, descripción del funcionamiento y una representación lógica de cada equipo que interviene en el proceso. Se solicita una mayor flexibilidad en el software a utilizar, en la programación del HMI y seguir la jerarquía propuesta para él [60]. En la célula de proceso se especifica el tipo de proceso, que se desarrolla dentro de una planta. Las unidades se encuentran dentro de una célula de proceso y provienen de la cadena de valor, siendo aquellas actividades mayores que permiten llevar a cabo una etapa del proceso y a su vez contiene más actividades. Todo nace de la relación entre las actividades y equipos, para una correcta elección y selección de las unidades para cada célula. Si el objetivo es abordar la totalidad del modelo físico, desglosar cada unidad por separado resulta una buena idea, mejorando así el rendimiento y enfocarlo hacia un Alto Rendimiento. El módulo de equipo retoma aquellas máquinas que facilitan el desarrollo y ciertas tareas dentro del proceso. En el módulo de control se encuentran los dispositivos de regulación, que a su vez están compuestos por módulos de control más simples, controlando más eficientemente las variables del proceso. Es de gran ayuda para los ingenieros encargados de la programación, un esquema de todas las unidades propuestas para cada célula del proceso, del modelo físico general y de cada unidad; partiendo de la jerarquía, cadena de valor y P&ID [60].

3.1.3.3.1.2 Modelo de control de procedimiento. Posibilita conocer la secuencia de tareas para la ejecución del proceso, facilitando las funciones de los equipos y se compone de la siguiente jerarquía: procedimiento, procedimiento de unidad, operación y fases. El procedimiento ofrece una estrategia para llevar a cabo la fabricación de un lote. En el procedimiento de unidad se enuncian la secuencia ordenada de operaciones, que se ejecutan dentro de la unidad. La operación manifiesta organización y control de las fases, secuencia de procesamiento, estado de los materiales y límites de funcionamiento en puntos, donde el procesamiento pueda suspenderse de forma segura. Las fases conceden las tareas orientadas al proceso, permitiendo conocer las sub divisiones de las fases, mediante un sistema dinámico con etapas, transiciones y arcos del proceso [60].

3.1.3.3.1.3 Modelo de proceso. Refleja una jerarquía de actividades y lo da a conocer al ingeniero encargado de las especificaciones de las plataformas físicas, en donde serán ejecutadas. Componiéndose de: proceso, etapas, operaciones y acciones de proceso. El cliente ofrece una descripción detallada del tipo de proceso, a desarrollar en el proyecto, las etapas de proceso son la secuencia de unidades de procedimiento, las operaciones de

proceso son las acciones de las unidades del proceso y las acciones de proceso son el conjunto de acciones del proceso, ejecutadas bajo lo requerido [60].

3.1.3.3.2 ISA 95.01 [61]: Teniendo en cuenta la Tabla 8, el estándar ISA 95.01 está conformado por los siguientes modelos:

3.1.3.3.2.1 Modelo de objetos. Incluye los modelos de recursos de personal, equipo, material, segmentos de proceso, de intercambio de información y definición del producto. Son la base para implementar los modelos de intercambio de información, que se relacionan directamente con el área de logística empresarial [61,62].

3.1.3.3.2.2 Modelo de material. Facilita la identificación de elementos determinantes como la clasificación de materiales usados, materia prima, insumos, productos intermedios y terminados. La definición de los materiales se contempla en tablas, de forma ordenada y concisa, incluyendo los nombres, descripción, propiedades, tolerancia y clases [61,62].

3.1.3.3.2.3 Modelo de equipos. Aquí se encuentran los elementos que ayudan a un adecuado diseño y programación del HMI, al identificar y organizar los equipos que intervienen en el proceso, definir clases existentes, propiedades e indicadores [61,62].

3.1.3.3.2.4 Modelo de segmento de proceso. Tiene en cuenta la cadena de valor definida en la ingeniería del proceso, asemejando cada eslabón que la conforma con un segmento de proceso, para el que se elige recursos, materiales, equipos y personal. No obstante se plantean restricciones y dependencias necesarias para la programación; al mismo tiempo se evalúan los perfiles del personal de la empresa y se delimita el uso de los recursos relacionándolos con la lista de equipos [61,62].

3.3.3.2.5 Modelo de segmento de producto. Se retoma el segmento de materiales, personal y equipos, pues se necesitan detalles de los recursos, los parámetros, rangos, capacidad de equipos, valores y unidades de medida [61,62].

3.3.3.2.6 Modelo de definición de producto. Es el resultado del segmento de proceso y se basa en el modelo de control de procedimientos del estándar ISA 88.01, concerniente a cada unidad del proceso. De aquí se logra identificar la lista de personal, materiales y equipos, procedimientos y operaciones a ejecutar a lo largo del desarrollo de este proyecto [61,62].

3.1.3.4 Supervisión del proyecto. Como su nombre lo indica, es la inspección de un trabajo realizado y quien lo hace mantiene la facultad de decir, si lo que se está realizando cumple con los parámetros definidos y esperados o no [63]. Para la parte de estados en los que puede permanecer el proceso, se sugiere utilizar módulos dependiendo de su complejidad, criterios de diseño y programación, al lado de la información vital para un correcto desarrollo.

Proporcionando detalles importantes en la logística, generando una adaptación al cambio, obteniendo buenos resultados y beneficios para el cliente [59]. Ya que es importante evitar al máximo las situaciones anormales, radica la importancia de operar los KPIs y mantener parámetros para un buen diseño de las interfaces. Al hacer seguimiento al rumbo del proceso, se decide qué acciones cambiar, mejorar o mantener. Una de las acciones más esperadas es la de completar el tiempo planificado para su ejecución y control, proponiendo la ecuación de la Figura 49 valorada de 1 a 100% y 85% como nivel mínimo, así [59,64]:

Figura 49. Ecuación para el control de las acciones.

$$CA = \frac{\text{Cantidad de acciones contempladas en termino}}{\text{Cantidad total de acciones planificaas}} \times 100$$

Fuente: Apuntes de ingeniería, Ingeniería de detalle. P. Ponsa, A. Granoller.

Notando las anteriores solicitudes, se nota de forma más clara la excelente escogencia del equipo de trabajo, para la gestión de datos, análisis de históricos, operabilidad del sistema, diseño de las interfaces, mejorando el rendimiento del proceso, su fiabilidad, optimización y prevención de situaciones de riesgo; facilitando el análisis e información a los clientes, todo con el objetivo de presenciar cambios y avances reales.

Las sugerencias del cliente deben ser coherentes, para que el ingeniero las involucre, tenga Tags con un alto grado de funcionalidad y procese correctamente toda la información obtenida, mediante una eficiente distribución y navegación de pantallas; apoyándose en las sugerencias para la ergonomía (ítem 2.8) y diseño de pantallas (ítem 2.7).

3.1.3.5 Especificaciones del proyecto.

3.1.3.5.1 Especificación de proceso. El proyecto debe ser objeto de análisis para determinar las fases principales, la secuencia entre las diferentes etapas, los requerimientos en cuanto a los recursos y los tiempos de procesamiento. Ayudándose de lo planteado en los modelos ISA 88, 95 y 5.1, aumentando el conocimiento del proceso seleccionado, representando lógicamente la instrumentación, equipos y el proceso en general. Es imprescindible que el ingeniero a cargo del proyecto, estudie trabajos anteriores, recopile información útil y anote la distinción para apuntarle a la calidad y seguridad. Listar las herramientas necesarias, capacitaciones al personal, las definiciones de las Tags, registro de los parámetros de entrada y salida, definir alcances y necesidades a suplir [61,62].

3.1.3.5.2 Especificación del nivel de piso de planta. Se parte por verificar las dimensiones de las pantallas, iluminación y características pedidas por el cliente, empleo de normas y estructura organizacional. Se recomienda el uso del nivel 3 de la jerarquía de pantallas, pues facilita el acceso al operador, una conveniente utilización del espacio, intercambio de datos y eficacia en las operaciones. Una vez más se recuerda que el diseño debe ser coherente y que corresponda al plano solicitado por el cliente, dándole un

manejo preciso a la interfaz y si no se cumple con esas individualizaciones, se debe dar a conocer y registrarlos en los documentos para tal fin.

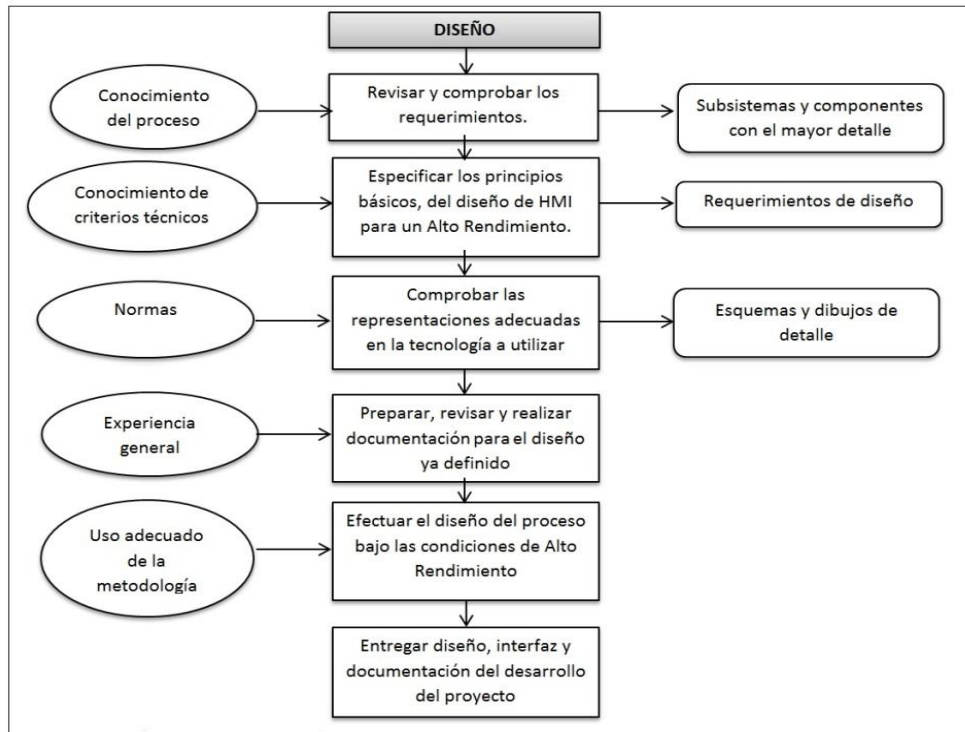
En cuanto a los equipos, se pretende suministrar información puntual de cada uno, destacando si se encuentra abierto o cerrado, las condiciones de enclavamiento, tiempo de espera, confirmación, lazos de control, arranque o parada. Para la parte de la planta física se espera contar con las condiciones de relevancia estudiadas en 2.11 y contar con la participación activa de todos los miembros del equipo, garantizando beneficios de trabajo, seguridad y mejora en la distribución interna.

Finalmente, se llega a la conclusión de que para un correcto diseño se debe seguir las siguientes recomendaciones, ser coherente en las entradas y salidas respectivas. Se inicia con la revisión y comprobación de las especificaciones del diseño como tal, cuya entrada es el conocimiento del proceso, la salida cada sub sistema y los componentes detallados. Se sigue con la especificación de los principios básicos, para el diseño de interfaces HMI de Alto Rendimiento, en lo que se necesita conocimientos en los criterios técnicos y poder cumplir con los requerimientos de diseño. Como tercer punto se comprueba las representaciones y que sean adecuadas dependiendo de la tecnología elegida para tal fin, teniendo el conocimiento previo de las normas estipuladas y dar como resultado los esquemas y dibujos con todos los por menores. Como cuarto, ya se prepara, revisa y realiza la documentación para el diseño definido, haciendo uso de la experiencia lograda. En una quinta secuencia, se efectúa el diseño del proceso bajo las condiciones y pasos para lograr un Alto Rendimiento, produciéndolo con el uso adecuado de la metodología. Ya para terminar, se culmina con el diseño evidenciado en la interfaz y se entregan toda la documentación originada del proceso de elaboración del HMI. Esto se ve mejor gráficamente en la Figura 50.

Consecuente a las anteriores apreciaciones, se formula unas reglas de operación que van ligadas a los proyectos de automatización, pero enfocado hacia la construcción de interfaces HMI, evidenciada en los Anexos G, H y I. Adicional, se requiere establecer un balance entre los recursos, el tiempo, el alcance y proporcionar una verdadera calidad, en cada una de las funciones designadas para la elaboración de las interfaces HMI de Alto Rendimiento; éste se ve en el Anexo J [59]. La comunicación entre cada una de las funciones se da mediante los documentos de soporte y las reuniones que se realizan periódicamente con todo el equipo de trabajo.

3.1.4 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN. Esta es la fase de ejecución de las tareas concretadas anteriormente, para la que es primordial asignar recursos económicos y tecnológicos, seleccionando las mejores herramientas según la necesidad del cliente y las responsabilidades a cumplir. Aquí se pone en marcha el diseño de las pantallas HMI, bajo el enfoque de Alto Rendimiento, integrado con los diseños e información existente, controlando las condiciones de operación siguiendo las reales y las requeridas; supervisando las variables más representativas, garantizando la ejecución y entrega confiable de la interfaz. Monitoreando y evaluando todas las adecuaciones del proceso, indicadores y desempeño total, cantidad de actividades planificadas y completadas.

Figura 50. Gráfico resumen para el diseño de HMI para lograr un Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

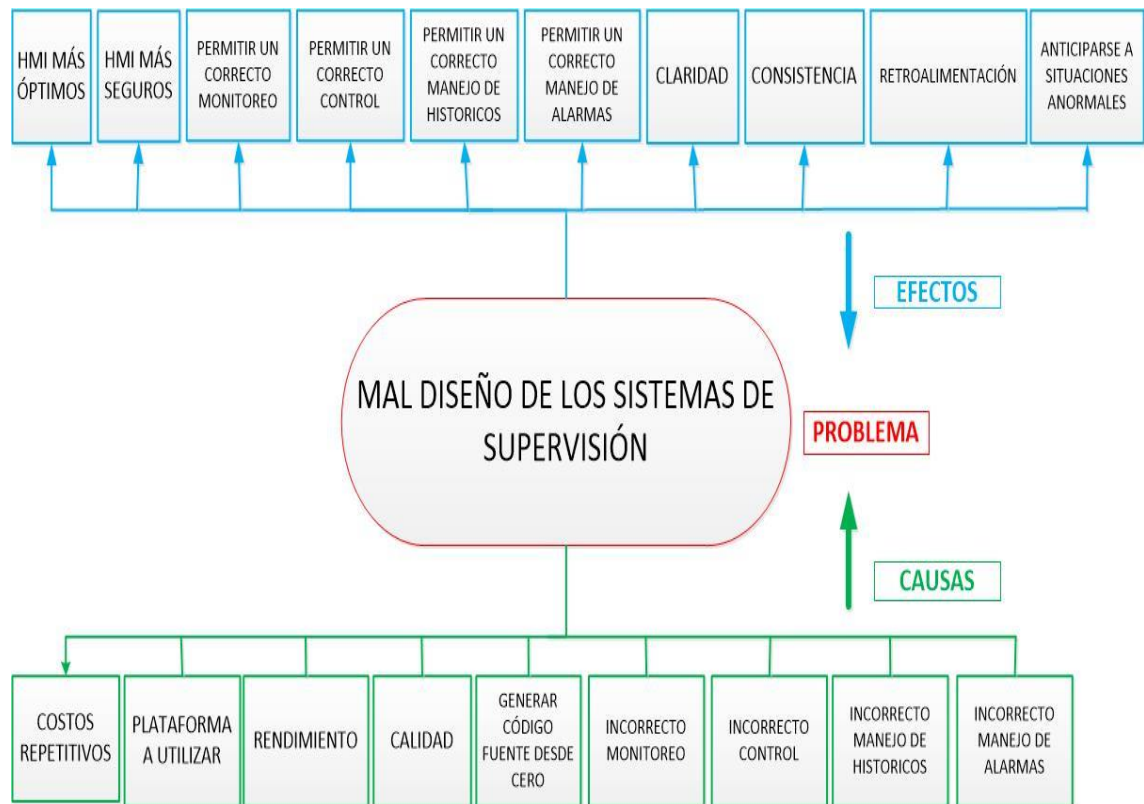
Los indicadores de reportes de seguimiento, se usan para la parte de incidentes dados a conocer, erradicar las causas, buscar soluciones a tiempo y minimizar los accidentes. Se debe acompañar este trabajo con la revisión del diseño y comprobación de los documentos finales, cumplimiento de objetivos, normatividad requerida, efectos de las inversiones y costos de operación. Haciendo entrega de los documentos al cliente, cuando ya estén terminados los diseños, pero sobre todo validados y aprobados por los ingenieros a cargo y se tenga el aval de su implementación. En el Anexo K se habla más específicamente sobre la necesidad de reunir los datos generales de las fases preliminares, el cronograma de realización, la selección de responsables, que incluye el ingeniero a cargo del proyecto, profesional en calidad, ingenieros de diseño y programación, equipo evaluador y entrenamiento de personal. Agregando el plan de calidad, protocolo de pruebas de aceptación, documentos de especificación y terminación de contrato.

3.2 RECOMENDACIONES

Se establece una serie de recomendaciones para llevar la elaboración de las interfaces hacia un Alto Rendimiento, conociendo principalmente los problemas que surgen para migrar hacia este nuevo enfoque, quienes se ven afectados y quienes serán beneficiados,

pero antes que nada, las causas y efectos de los problemas. Complementando un conjunto de herramientas para cumplir con las funciones de una interfaz, incluyendo el ciclo de vida, el diseño, implementación, supervisión, rendimiento y gestión del cambio; convirtiendo a los operadores en especialistas de producción. Recordando que las viejas interfaces no se deben desechar del todo, sino que por el contrario reservarlas para eventos inusuales. Es por ello que un árbol de causa y efecto es estimable, para tener claro qué se quiere y a donde se desea llegar. Para clarificar esta parte, se presenta el árbol causa-efecto de las interfaces HMI (Figura 51), en donde se resumen las principales causas del cambio hacia un Alto Rendimiento y los efectos que puede traer consigo.

Figura 51. Diagrama de Árbol Causa – Efecto, de las pantallas HMI.



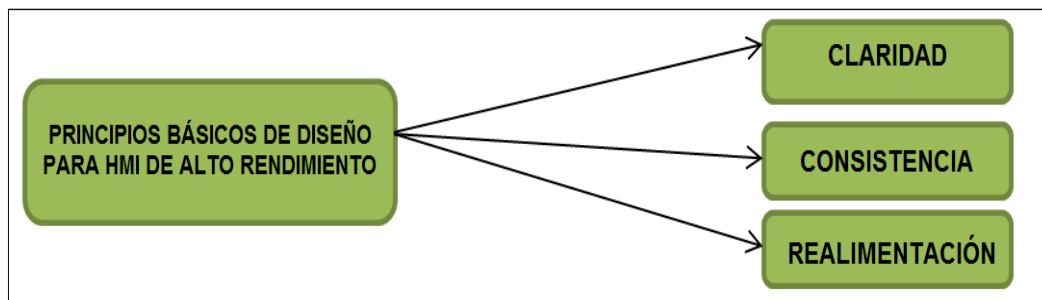
Fuente: Propia, 2015.

El objetivo de la guía es proporcionar una herramienta útil, para entender mejor el proyecto de elaborar interfaces HMI, comprender desde el principio cuales son los requerimientos del cliente, ajustar cada decisión a las necesidades detectadas y para que el cliente logre tener un mayor conocimiento, de futuras eventualidades dentro del proceso. Conocer la trayectoria que idealmente se espera que exista dentro de una interfaz, con una adecuada navegación entre las pantallas, de tal manera que le permita al usuario conocer las alarmas del proceso, detectar fácil y rápidamente el

comportamiento histórico del proceso y en definitiva, controlar mejor el proceso a cargo. Además, el operario final aprenderá a realizar un análisis tanto interno como externo del proceso, delimitando aquellos factores que estén afectando de cierta manera el proceso, o por el contrario los que sirven y le generan beneficios dentro de la empresa. Con todo esto, la planificación de actividades en el control, monitoreo y supervisión de un proceso será más fácil, frecuente, conectará varias partes del proceso, gestionará mejor la relación entre todos los agentes influyentes, al obtener respuestas claras y un conocimiento en tiempo real de lo que ocurre en el proceso.

3.2.1 Principios básicos de diseño. Abarca tres principios que constituyen la base, para fomentar el correcto uso de las pantallas HMI y llevarlas hacia un Alto Rendimiento. Retomando lo estudiado en la parte 1.2, en donde se enfoca hacia el principio de claridad, consistencia y realimentación (Figura 52).

Figura 52. Principios básicos para diseñar una interfaz HMI de Alto Rendimiento.



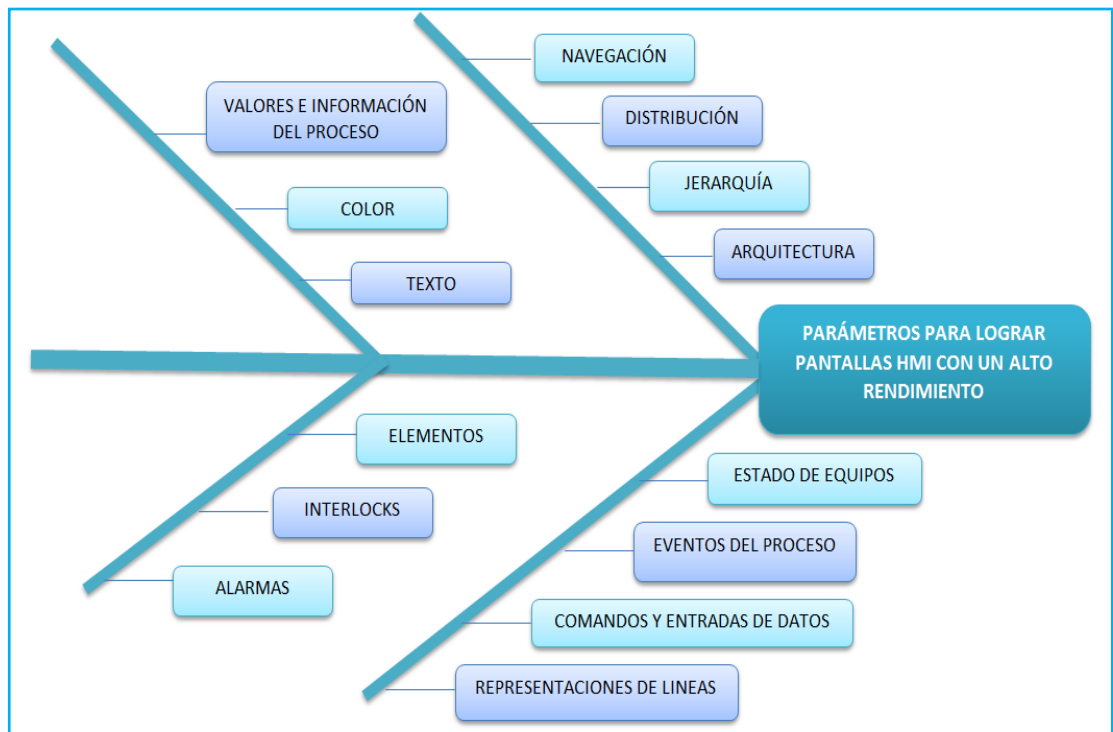
Fuente: Propia, 2015.

3.2.2 Parámetros para un Alto Rendimiento. Mediante ellos se puede evaluar y determinar las actividades o condiciones a seguir, dentro de la elaboración de las pantallas HMI de Alto Rendimiento. Observando y analizando las diferentes perspectivas que se pueden tener en cuenta, dependiendo cada proceso y de todo lo que requiera. Es por esto que se plantea una arquitectura, distribución, jerarquía y navegación de pantallas; uso de texto, color, valores e información del proceso. Del mismo modo que los estados de equipos, eventos del proceso, comandos y entradas de datos, representaciones de líneas, elementos, interlocks y alarmas (Figura 53).

3.2.3 Arquitectura – Jerarquía. La arquitectura de las pantallas sirve para darle un mejor orden a la interfaz, pues cuando la planta se divide por áreas, sub áreas y equipos, se distribuye mejor las pantallas y se evita la acumulación de información en una sola. Se recomienda seguir la arquitectura de la Figura 54.

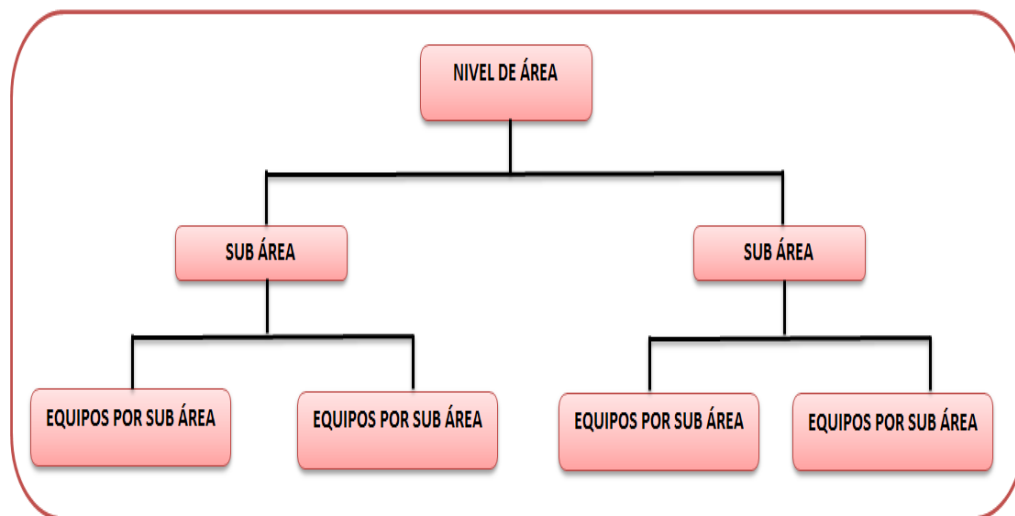
Adicional a esto, se plantean cuatro tipos de pantallas, que son muy importantes y aplicables a cualquier proyecto, dentro de las que se encuentran las del proceso, comandos, configuración y tendencias. La funcionalidad de cada una se ve en la Tabla 9 y en la Tabla 10 se habla sobre su descripción. Para el primer tipo de pantallas existen cuatro niveles, en los que se separan la descripción del área, control, detalle y soporte de unidad.

Figura 53. Parámetros para lograr pantallas HMI con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 54. Mapa de los niveles jerárquicos de las pantallas HMI de Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

Tabla 9. Tipos de pantallas en la arquitectura de un HMI de Alto Rendimiento.

Tipo de pantalla	Funcionalidad
Pantalla de proceso	Indica el estado de los equipos y del proceso.
Pantalla de comandos	Permiten al operador realizar acciones generales
Pantalla de configuración	Permite establecer los parámetros de configuración del sistema.
Pantalla de tendencias	Donde se exponen los valores de las variables más importantes del proceso en tiempo real.

Fuente: Propia, 2015.

Tabla 10. Niveles en la jerarquía de pantallas de una interfaz HMI de Alto Rendimiento.

NIVEL	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Pantallas de Descripción del Área de Proceso	El operador tiene un mayor alcance del control, logrando tener más de una pantalla de descripción disponible, enfocada hacia diferentes estados de operación.
2	Pantallas de Control Unidad de Proceso	La Sub-área es controlada por el operador. Aquí se encuentran los controladores, los valores, las alarmas, las tendencias y los estados.
3	Pantallas de Detalle de Unidad de Proceso	Se encuentran los controladores y grupos de equipos más pequeños, junto a las alarmas, tendencias, valores y estados del equipo.
4	Pantalla de Soporte de Unidad de Proceso	Manejan interlocks, pantallas de diagnóstico y de detalle. Usadas en procedimientos, documentación y ayudas para cada pantalla.

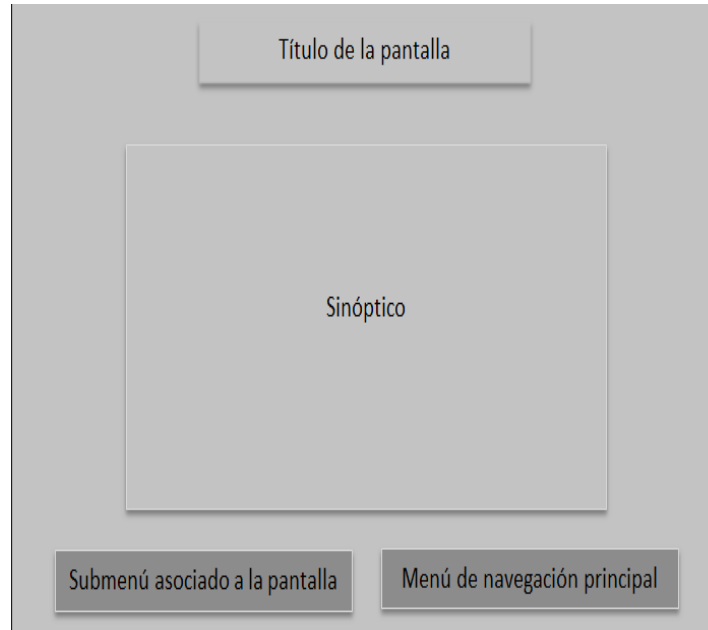
Fuente: Propia, 2015.

3.2.4 Distribución de pantallas. Las pantallas son las ventanas en donde se puede apreciar la información del proceso, por ende deben tener una correcta distribución, ubicación y orden, para que puedan propagar toda los datos y valores como se espera que lo haga. Teniendo en cuenta que existen diversos requisitos, con los que se va a trabajar durante un proceso, pero que el operario necesita conocer a cabalidad, para tomar decisiones, anticiparse ante eventualidades y evitar daños futuros.

Para el marco del Alto Rendimiento, se ha dispuesto de una repartición lógica de cada espacio con el que cuenta una pantalla, asignada entre el título, el sinóptico del proceso y

el menú de navegación. En la Figura 55 se ve una plantilla para la distribución de pantallas en un Alto Rendimiento.

Figura 55. Plantilla para la distribución de pantallas en un HMI de Alto Rendimiento.

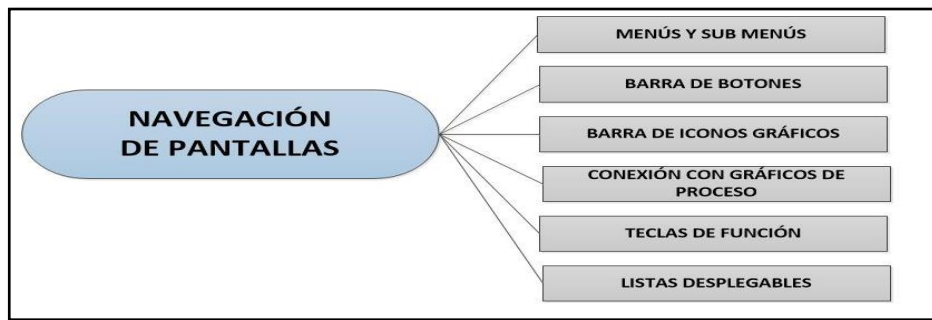


Fuente: Propia, 2015.

3.2.5 Navegación entre pantallas. Una característica diferenciable en una interfaz, es que permita un acceso a las demás pantallas mediante un menú, botones, iconos gráficos, entre otros, Pero sobre todo que permita entender el proceso, analizando desde una vista general, hasta una más específica y que a medida en que se accede pantalla por pantalla, se logre consolidar información útil del proceso.

Existen seis maneras para navegar entre las pantallas, iniciando por los menús, sub menús, barra de botones, barra de íconos gráficos, conexión con gráficos de proceso, teclas de función y listas desplegadas (Figura 56). De cierta manera, el menú de navegación proporciona una visión general del mapa del proceso y concede un enfoque global, para saber a qué nivel de detalle se quiere llegar. La navegación va desde la pantalla principal o de inicio, hacia las diferentes áreas del proceso, con una secuencia ordenada hacia cada sub área y equipos que lo conforman. Su funcionalidad consiste especialmente en facilitarle al operario, un retroceso o avance por las diferentes partes que conforman la interfaz, dependiendo de cada necesidad o de las situaciones de emergencia que se puedan presentar. La navegación en las pantallas HMI de Alto Rendimiento tiene un factor adicional y es el uso de "targets", que son cuadros de texto que permiten dirigirse a una ventana en específico, como lo indica su información textual. Se debe proporcionar una salida del sistema en cada pantalla, área, unidad y sub área; en general en cada momento y en cada estado del proceso, ejemplificandose a continuación.

Figura 56. Navegación entre las pantallas que conforman un HMI de Alto Rendimiento.



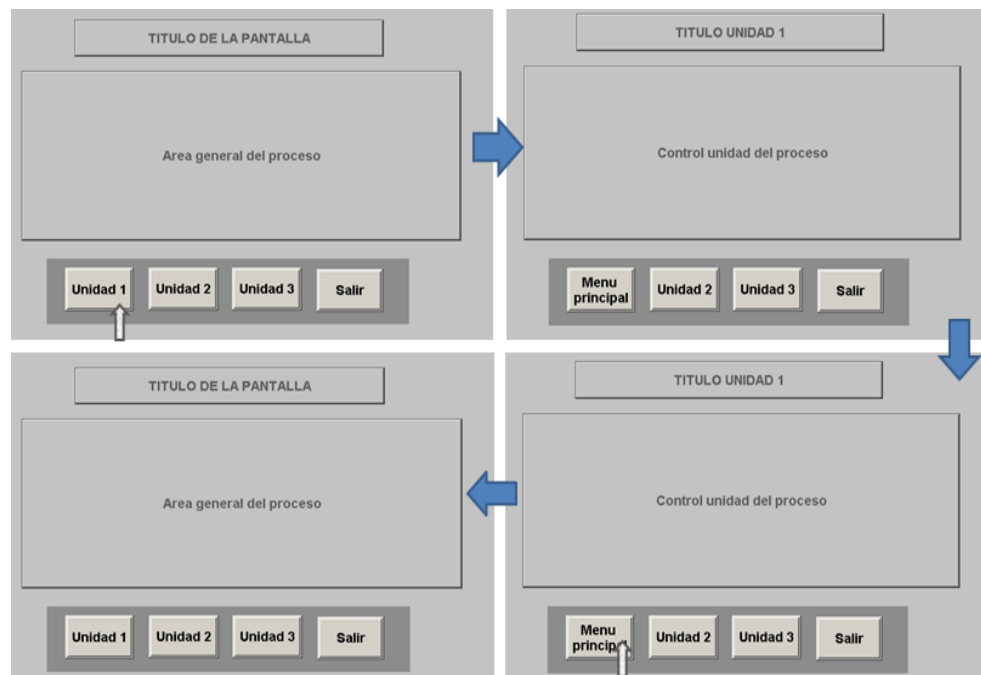
Fuente: Propia, 2015.

En la Figura 57 se presenta una navegación entre el menú principal y la primera unidad, mediante los botones del menú. En la Figura 58 se navega gracias a las targets, desde la Unidad 2 a la 3, regresando al Menú principal.

3.2.5.1 Navegación por botones, menú y sub menús.Figura 57.

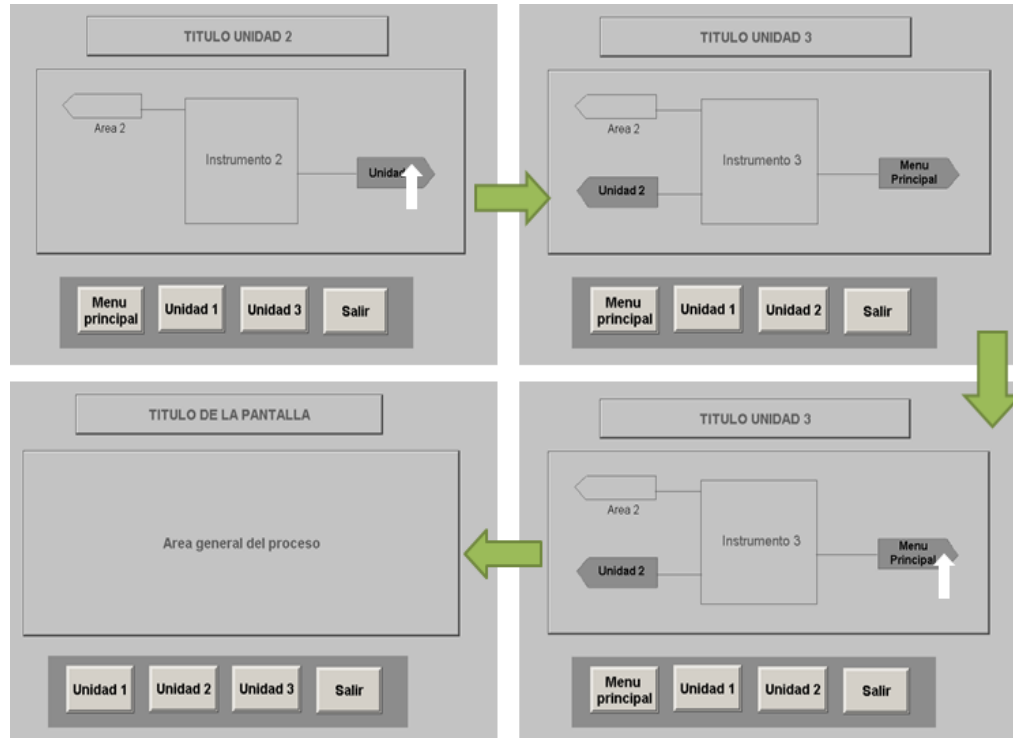
3.2.5.2 Navegación por Targets. Figura 58.

Figura 57. Navegación por botones en el menú, desde el menú principal a la unidad 1.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 58. Navegación por Targets, desde la Unidad 2 a la principal.



Fuente: Propia, 2015.

3.2.6 Color. La estrategia principal del uso restringido de colores, consiste en dar a conocer un funcionamiento normal, dejando la animación y los colores brillantes para llamar la atención del operador; conociendo a simple vista las condiciones y estados del proceso. Ya no se usa el color para diferenciar tipos de materiales y en algunas situaciones especiales el color se ve mal, adoptando un comportamiento gráfico como el parpadeo de datos de fácil detección con la visión periférica.

Dentro de la Tabla 11 y 12 se presentan doce tipos diferentes de colores que son el verde oscuro, el rojo, naranja, amarillo, blanco, negro, magenta, gris tanto claro como neutro y oscuro, azul claro y oscuro. Para los cuales se expone RGB que es la composición de colores en cuanto a su intensidad, el fondo más acorde, los elementos en los cuales se puede utilizar, indicadores analógicos, el significado de su uso en el estado de los equipos del proceso, utilización en las prioridades de alarma, líneas y controladores del proceso.

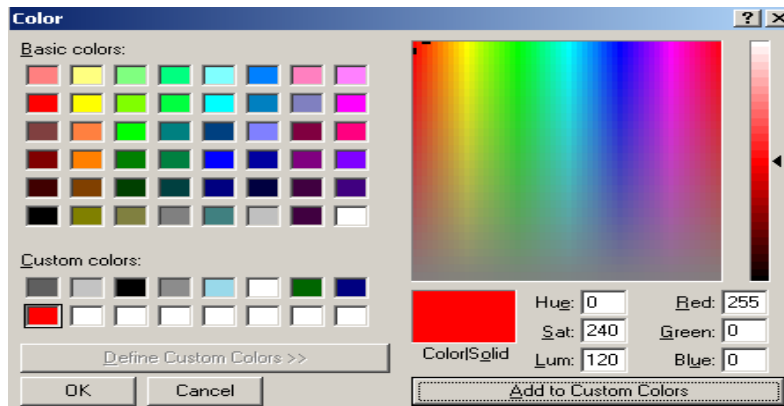
Como la paleta de colores del software no tiene especificado los colores de Alto Rendimiento, por eso se debe adicionarlos teniendo en cuenta el RGB nombrado en la Tabla 11 y quedan consignados en la paleta personalizada de color. Esto se ve en la Figura 59. Al finalizar la personalización de los 12 colores ideales para Alto Rendimiento, la paleta personalizada de colores queda como se observa en la Figura 60.

Tabla 11. Tabla con los colores ideales y usados en Alto Rendimiento.

COLOR	RGB	FONDO	ELEMENTO	INDICADORES ANALÓGICOS
Verde oscuro	(0,102,0)			
Rojo	(255,0,0)			
Gris claro	(195,195,195)	Área y sub- área	Interior de recipientes. Target que no manejan navegación.	
Gris neutro	(140,140,140)	Menú	Target de Navegación.	
Gris oscuro	(95,95,95)		Texto, contorno de recipientes, equipos sin colorear.	
Amarillo	(255,255,0)			
Naranja	(246, 130, 34)			
Azul oscuro	(0,0, 128)		Trazo de tendencias y valores de proceso en negrita.	
Azul claro	(153, 217,234)			Banda en rango normal.
Blanco	(255,255,255)		Banda con un rango normal y para indicador de balance de materiales.	
Negro	(0,0,0)		Contorno de recipientes y equipos sin colorear.	Iniciador de interlock en los puntos finales.
Magenta	(255,0,200)			

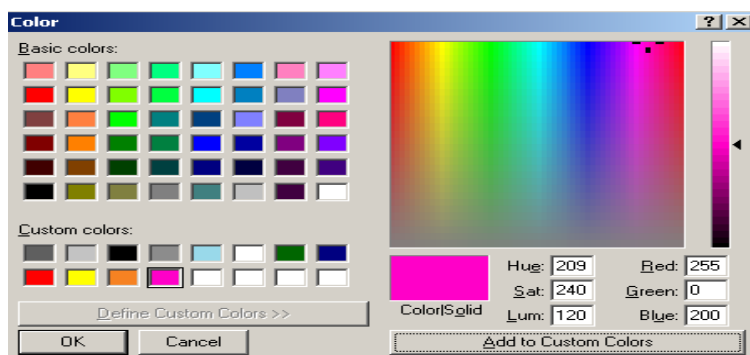
Fuente: Propia, 2015.

Figura 59. Adición de colores a la paleta ya establecida.



Fuente: Propia, 2015

Figura 60. Paleta personalizada con los doce colores de Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

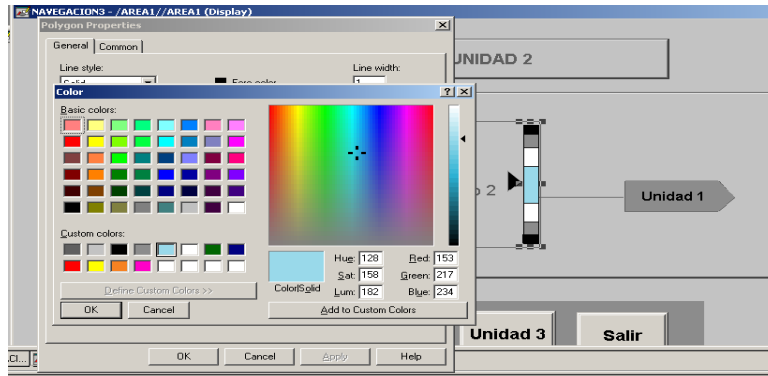
Tabla 12. Tabla con los colores ideales y usados en Alto Rendimiento.

COLOR	ESTADO DE EQUIPOS DE PROCESO	PRIORIDAD DE ALARMA	CONTROLADORES DE PROCESO	LÍNEAS
Verde oscuro			Controlador de consigna (S)	
Rojo		Prioridad 1		
Gris claro				
Gris neutro				
Gris oscuro	Equipo en paro.		Conexión del proceso al controlador y del controlador a su elemento final.	De proceso e instrumentos
Amarillo		Prioridad 2		
Naranja		Prioridad 3		
Azul oscuro			Valor de proceso del controlador (P), Salida del regulador (O) y modo controlador.	
Azul claro				
Blanco	Equipo en marcha, contorno del valor cuando se selecciona, válvula de control y on-off en modo abierto.			
Negro	Válvula de control y on-off en modo cerrado.			De proceso
Magenta		Prioridad 4		

Fuente: Propia, 2015.

La selección de un color específico para usarlo en un determinado instrumento, como es el caso del azul claro para los Interlocks se presenta en la Figura 61; en donde además se observa el color gris claro en el fondo y el gris neutro para los Targets de navegación.

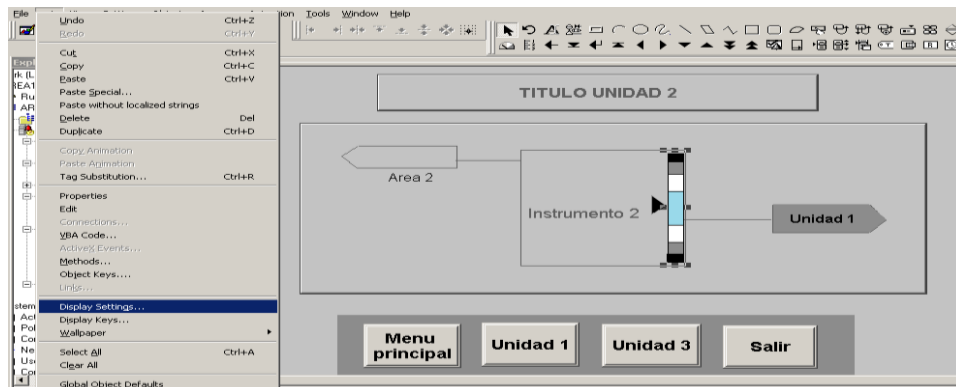
Figura 61. Selección del color azul claro al interlock del instrumento 2.



Fuente: Propia, 2015

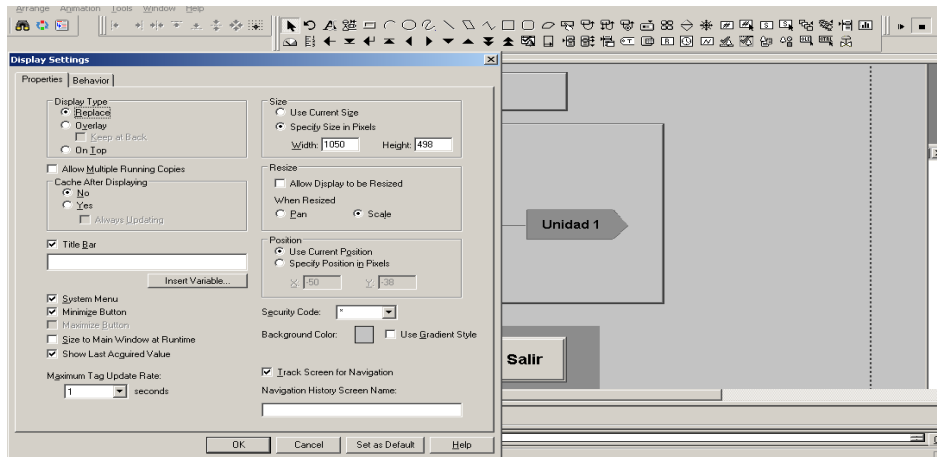
3.2.7 Texto. Se sugiere minimizar la cantidad de palabras en las pantallas y usarlas cuando no sea evidente la identificación de un elemento. Cuando hay equipos duplicados, el texto debe ser más grande, visible y de fácil reconocimiento. Las mayúsculas sólo se usan para los títulos, etiquetas cortas y nombres de equipos. Se combina el uso de minúsculas con la primera letra en mayúscula, para todas las aplicaciones que requieran texto. Las abreviaturas textuales deben ser coherentes y estar incluidas en el glosario. El tamaño de pantalla usado es el 1050 – 498 y los pasos para configurar el tamaño se ve en las Figuras 62 a 64, modificándolas según el proceso lo requiera. Los títulos están en mayúscula, se usa la fuente Arial, negrita, de color gris oscuro y de tamaño 14. La otra parte de texto usa la primera letra en mayúscula y el resto en minúscula, de color gris oscuro, de tamaño 12 en el sinóptico del proceso y para las targets de navegación en negrita, de lo contrario normal.

Figura 62. Búsqueda de la pantalla de Configuración del *display*.



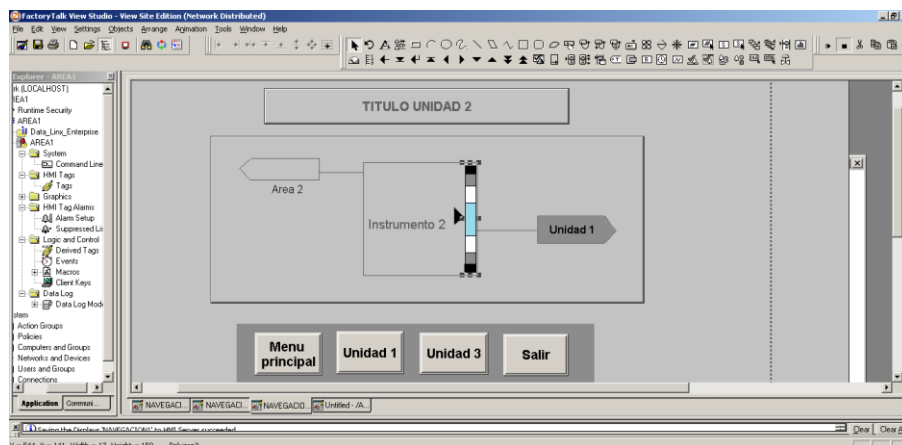
Fuente: Propia, 2015.

Figura 63. Ventana de configuración de pantalla.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 64. Tamaño de pantalla personalizado y comprobación del uso del texto

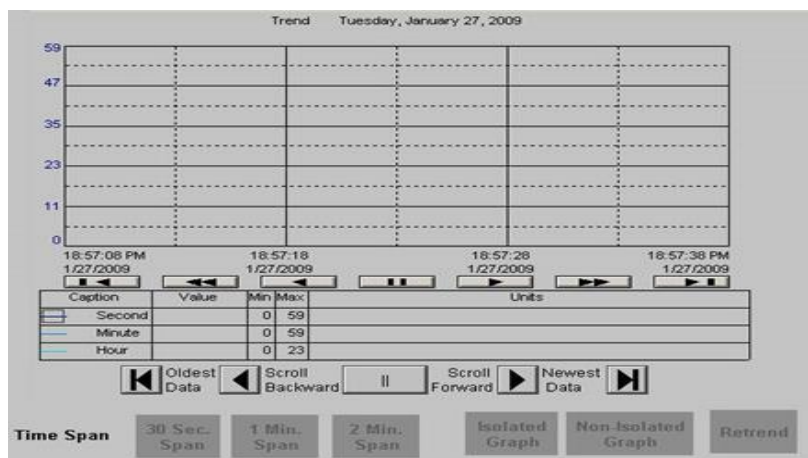


Fuente: Propia, 2015.

3.2.8 Valores del proceso. Se debe tener muy claro la clasificación que existe, logrando su visualización y suprimir los ceros al inicio de un valor, salvo cuando haya fraccionarios, que ayudan a dar una mayor exactitud. Tener muchos datos no significa tener bastante información. Los valores reales van acompañados obligatoriamente por un texto estático, que facilita el acceso a los valores con un solo *click* o con la ayuda de un botón. Se debe evitar la representación de valores mediante indicadores o nombres de etiquetas. No se usan tablas de números, ni para presentar los números ni para mostrar las unidades de medida, las cuales se ubican en un texto cercano al valor y con un bajo contraste. Se emplea el color azul oscuro, en negrita y con un fondo gris, de tal manera que se diferencien los valores reales del texto estático (Figura 37).

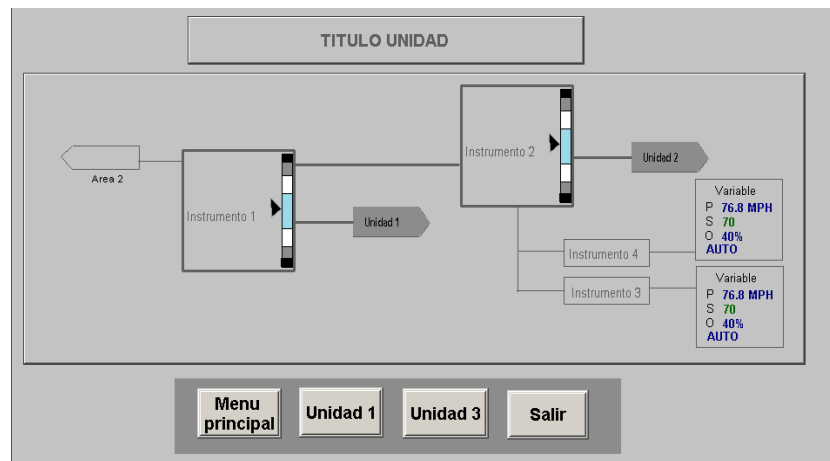
3.2.9 Tendencias. Son indispensables para presentar correctamente datos, indicar valores, verificar el rango de operación y conocer con suficiente tiempo de antelación, si se aproxima a una situación anormal y evitar problemas futuros. Proporcionan más información que si los valores se encontraran en una tabla, su tamaño oscila en 2 pulgadas, cuenta con un nombre determinado y permiten analizar el comportamiento de la variable en un rango de tiempo. Muestran los valores del proceso, set point y salida de los controladores. Pueden ayudar a conseguir excelentes resultados, si cuentan con una escala acorde al proceso y se apoyan del botón “*Retrend*” para regresar a los valores calculados automáticamente, cuando los ingresados manualmente no son los apropiados. En la Figura 65 y en la 66 se genera una tendencia, acompañada de una contextualización del tiempo, valores tanto mínimos como máximos.

Figura 65. Ejemplo 1 de las tendencias de HMI en Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.



Figura 66. Ejemplificación del uso de líneas en las pantallas de un proceso.



Fuente: Propia, 2015.



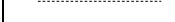
3.2.10 Líneas. Junto al flujo del proceso deben consistentes, yendo de izquierda a derecha y conservando la corriente del proceso. Teniendo en cuenta que los vapores fluyen hacia arriba y los líquidos hacia abajo. Para facilitar el reconocimiento de las representaciones, se plantean tres tipos de líneas, contrastándolos por el grosor de cada una, así como se plantea en la Tabla 13 y 14. Por otro lado, los tipos de líneas en cuanto a su contextura se ven en la Tabla 14, pero al igual que la clasificación anterior, dependen del tipo de proceso y elemento sobre el cual se utiliza; pueden ser sólidas, en puntos o rayas.

Tabla 13. Clases de espesores de las líneas usadas en las interfaces HMI.

ESPESOR DE LÍNEA		TIPO DE PROCESO	ELEMENTO
Representación	Ancho		
	3 pixeles.	Procesos primario	Recipientes.
	1 pixel.	Procesos secundario	Conexión del proceso. Controlador. Elemento final de control.

Fuente: Propia, 2015.

Tabla 14. Tipos de líneas y los elementos a los que se aplica.

Tipo de línea		Elemento
	Sólido	Recipientes, flujo del proceso, conexiones.
	Puntos	Otras conexiones
	Rayas	Conexión de un controlador a su elemento final de control.

Fuente: Propia, 2015.

Gráficamente se puede comprobar estas definiciones en la Figura 66, que consta de las líneas determinadas para el flujo de proceso principal y secundario, recipientes y otras conexiones. Siendo 3 pixeles el tamaño de la línea de flujo principal, para el secundario de 1 pixel y para ambos el color es gris oscuro.

3.2.11 Objetos. Se denomina objeto global al que va a ser la platilla, para poder crear múltiples objetos, con una mayoría de características iguales, pero adaptables a los requerimientos de cada parte del proceso. Se definen parámetros para generar la biblioteca de funciones y para que las acciones sobre el objeto global, se actualice en todas las ocurrencias enlazadas a él. Esta parte es muy útil debido a que trae como ventaja, la reducción del tiempo en la creación de objetos individuales con similares características, tiempo en mantenimiento, minimización de la propagación de errores, olvido de algunas propiedades trascendentales [65].

No se debe asignar una etiqueta propia para evitar confusiones visuales, pero si se le asigna a los lazos de control, cuando existe más de uno en el proceso. Se debe visualizar el título, alarmas, unidades de medida y se usa pantallas faceplate para acceder a información adicional.

Se evita el uso de una textura sombreada, de pequeñas escalas y colores en las condiciones. El relleno del objeto es gris claro, al igual que el fondo (Figura 67). El diseño debe ser en dos dimensiones. Para construirlos es útil la librería que existe en el software elegido, pero si no se asemeja a lo que se busca, se puede construir tratando de imitar dicho objeto.

3.2.12 Comandos e ingreso de datos. En un Alto Rendimiento se tienen cinco clases de comandos, donde se encuentran los de arranque, paro, confirmación de alarmas, selección excluyente de una opción, selección múltiple no excluyente y de selección simple. Deben ser visibles, de fácil operabilidad, área adecuada, retroalimentación igual para comandos similares, igualdad en botones, etiquetas claras y de reconocimiento inmediato.

Figura 67. Librería de algunos objetos usados en HMI de Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

La ubicación puede ser de dos maneras, bien sea en una pantalla exclusiva o en los sinópticos del proceso, evitando el cambio de pantallas constantemente y de la saturación con datos. Para lograr esquematizar las acciones, se asocia un comando con un objeto típico, para no re descubrir la lógica de funcionamiento. Una consolidación muy útil es lo consignado en la Tabla 15 y una vista de cómo se crean en el software de programación, es la Figura 68, usando elipses, cuadros, colores de Alto Rendimiento y texto.

Tabla 15. Comandos para las interfaces HMI de Alto Rendimiento.

Comando	Descripción	Retroalimentación
	Comandos de arranque	Cambio de color del botón, mediante el uso de color.
	Comandos de paro	Cambio de color del botón, mediante el uso de color.
	Confirmación de alarmas	Cambio de color del botón, mediante el uso de color.
	Selección excluyente de una opción	Visibilidad de un círculo interno, empleando los criterios de uso de color.
	selección simple	Visibilidad de un \checkmark interno, empleando los criterios de uso de color.

Fuente: Propia, 2015.

Figura 68. Comandos, vistos en el software de programación del HMI.



Fuente: Propia, 2015.





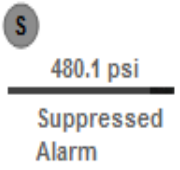
3.2.13 Alarmas. Las alarmas son aquellas señales que avisan sobre algún problema o un evento no deseado dentro del sistema y para entenderlas mejor existen tres principios, cuatro principios, cuatro prioridades y cuatro métodos.

Los principios se refieren a una situación en específico, como por ejemplo el primero hace referencia a las prioridades, las relaciona con un color determinado que representa el estado de las alarmas y que no puede ser usado en otra parte del proceso. El segundo habla sobre el método del parpadeo, importante para distinguir las alarmas que todavía no han sido reconocidas. El tercer principio indica que si existe más de una alarma sobre un valor, se muestre la de mayor prioridad.

Para las alarmas, se ejecutan cuatro métodos que son las reglas y herramientas con las que se alerta a los operarios. De las que se recomienda el tercero (Tabla 16), ya que plantea la adición de un elemento indicador independiente, que aparece o desaparece con base a las condiciones. El color que usa es el rojo, amarillo, naranja y magenta;

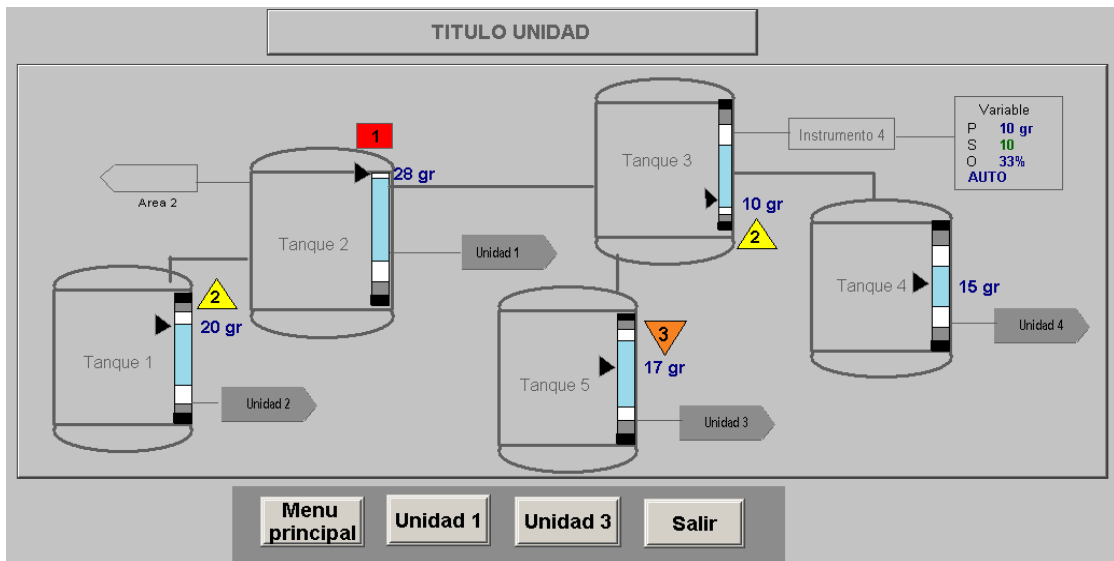
respectivo para cada prioridad y define el parpadeo para todo el elemento, sin afectar la visibilidad de los valores del proceso (Figura 69).

Tabla 16. Método 3 en las prioridades de alarma en un HMI de Alto Rendimiento.

COLOR Y PRIORIDAD DE ALARMA	INDICADOR DE ALARMA	ESPECIFICACIONES DEL MÉTODO 3.
	Más alta.	* Mayor visibilidad sobre un valor, por el uso adecuado del color.
	Intermedia.	* El parpadeo no afecta la claridad de los valores del proceso.
	Media.	* El indicador de alarma se puede situar en cualquier lugar, siempre que sea cercano al valor.
	Reservado para alarmas de diagnóstico.	* El indicador de alarma se puede situar en cualquier lugar, siempre que sea cercano al valor.
	Indicador de supresión de alarma	* Da la forma del indicador de alarma, el color y el número de prioridad. * Para la supresión de alarmas se recomienda, poner un indicador en la pantalla.

Fuente: Propia, 2015.

Figura 69. Presencia del método 3 de las alarmas en un proceso.



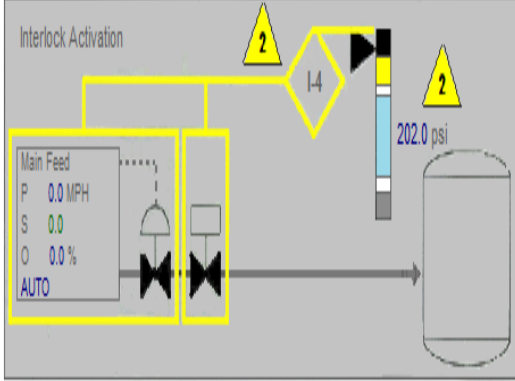
Fuente: Propia, 2015.

En el diseño, la prioridad debe aparecer al lado del valor que presenta anomalía y su tamaño depende de la configuración de la pantalla y que sea visible respecto a los elementos, que se encuentran a su alrededor.

3.2.14 Interlocks e Indicadores lógicos. Nacen de la necesidad de agrupar valores de una forma lógica, para conseguir una rápida lectura del proceso, verificando operabilidad dentro de los rangos requeridos y una mayor consistencia del rendimiento del sistema.

Los interlocks se usan en las pantallas de nivel 2 y 3 como medio de protección, formulando indicadores de vibración para las alarmas, un iniciador de *interlock* para las de medición, para interpretar estados de productos y materias primas. En la Tabla 17 se ejemplifica los interlocks para alarmas, en las pantallas de nivel 2 y 3.

Tabla 17. Interlocks de las alarmas en las interfaces HMI de Alto Rendimiento.

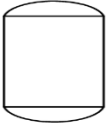


REPRESENTACIÓN DE INTERLOCK	NIVEL DE PANTALLA	ESPECIFICACIONES																																																	
	Pantalla de nivel 2	La activación del interlock se da cuando se alcanza el límite superior, activa una alarma según la prioridad de la situación, cierra las válvulas correspondientes y manda órdenes al controlador, para que la salida sea cero. Teniendo en cuenta una buena cantidad de espacio, dentro de la pantalla.																																																	
<table border="1" data-bbox="365 1291 885 1669"> <thead> <tr> <th colspan="5">Colum 41 Feed & Steam Interlock</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Initiators</th> <th colspan="3">Action</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pressure > 95</td> <td rowspan="2">X</td> <td>Feed</td> <td>Valve</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AND</td> <td>Closed</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temp < 80</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="5">OR</th> </tr> <tr> <td>Temp > 225</td> <td></td> <td>Steam</td> <td>Valve</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Closed</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recycle Compressor OFF</td> <td>X</td> <td>Feed</td> <td>Valve</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Closed</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Colum 41 Feed & Steam Interlock					Initiators		Action			Pressure > 95	X	Feed	Valve		AND	Closed			Temp < 80					OR					Temp > 225		Steam	Valve				Closed			Recycle Compressor OFF	X	Feed	Valve	X			Closed			Pantalla de nivel 3	Si el espacio es limitado, se manejan interlocks de diagnóstico y una representación completa de la información. Se tienen iniciadores y acciones para ser tomadas por el dispositivo como lo indica la tabla inicial.
Colum 41 Feed & Steam Interlock																																																			
Initiators		Action																																																	
Pressure > 95	X	Feed	Valve																																																
AND		Closed																																																	
Temp < 80																																																			
OR																																																			
Temp > 225		Steam	Valve																																																
		Closed																																																	
Recycle Compressor OFF	X	Feed	Valve	X																																															
		Closed																																																	

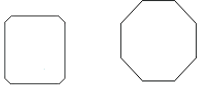


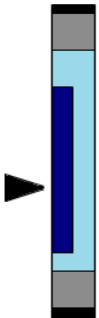
Fuente: Propia, 2015.

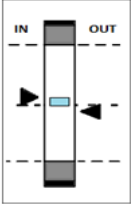
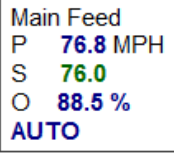
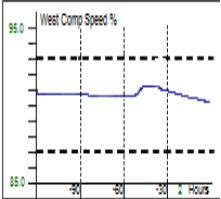
3.2.15 Equipos y símbolos. Un equipo cuenta con varios estados de funcionamiento y de operación, en donde las posibilidades de mando se ejecutan mediante la selección del equipo y se plantean dos o más estados de marcha, según lo requiera. Para representar los estados actuales, se emplea textos y formas simples, usando el color gris para el paro y el blanco para el funcionamiento, eliminando completamente el uso del rojo y verde como en las prácticas pasadas.


Es determinante el uso de las normas ISA de la parte 5.1 a la 5.5. Con la ayuda de figuras geométricas simples y de un tamaño apropiado, se definen los símbolos de la instrumentación, evitando grandes detalles, animaciones innecesarias y al crear patrones de objetos se logra su reconocimiento a simple vista. El diseño va en dos dimensiones, el interior de color gris claro como el fondo de la pantalla, con un tamaño adecuado que beneficie su visibilidad. Si dentro de la librería del software no existe el equipo solicitado, se debe poner en marcha y lograr dibujarlo. Los símbolos más frecuentes en los HMI de Alto Rendimiento se aprecian en la Tabla 18.

Tabla 18. Símbolos para la representación de la principal instrumentación de equipos y eventos, en las pantallas HMI de Alto Rendimiento.

SIMBOLO Y DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
 <p>Recipiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Representación simple en 2D de un recipiente (Item 2.2.6). • Se evitan animaciones, colores en degrade y cortes en su interior. • El diseño se basa en los criterios de líneas y colores definidos para un Alto rendimiento. • Se emplean indicadores analógicos y líneas de tendencias, para representar el nivel en el recipiente.
 <p>Motobomba</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La representación del estado actual de la bomba centrífuga, depende de la forma, relleno, criterios de color y de un texto simple (ítem 2.2.6). • Cuando una bomba no tiene indicación de marcha, manejan un relleno que coincide con el fondo. • El acceso mediante la bomba a las posibilidades de mando, se realiza a través del faceplate. • Se representa sus estados actuales con palabras de indicación, como "RUNNING" cuando está en funcionamiento y "STOPPED" cuando se para. Evitando el uso de comandos.
 <p>Targets de Navegación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existen dos clases de targets, dentro de los cuales se encuentran los que permiten la navegación y los que no, diferenciados por el uso de color. • Se presentan como etiquetas de enlace.

 <p>(Información) (Obligación) Símbolos de bloqueo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los símbolos de bloqueo son utilizados en la seguridad de la planta, ya que proveen información y expresan obligaciones, diferenciándose entre ellos por su forma.
 <p>Válvula Válvula On – off de control VÁLVULAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se evita representar el porcentaje de salida mediante escalas, las flechas que indican movimiento y el sombreado de las válvulas (ítem 2.2.5.2). • La apertura de la válvula se muestra por medio de porcentajes y a un lado de cada válvula. • Del relleno y de los criterios de color, se conoce el estado de las válvulas, bien sea si se encuentra abierta o cerrada. • Se da acceso al faceplate para la toma de decisiones coherentes. • La salida del controlador depende de la condición de la válvula, si está abierta o cerrada.
 <p>Indicadores lógicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se usan para simbolizar los valores del proceso, conocer su estado y si se requiere mayor atención (ítem 2.5). • Permite notar a simple vista el estado de las operaciones y por ello emplean bandas que indican el rango en el que se encuentra. • Son de gran ayuda para la detección de situaciones anormales, antes de que se activen las alarmas por sobrepasar el rango normal. • Los rectángulos negros en los extremos se emplean para indicar la activación de un interlock.
 <p>Mejoras opcionales para mover el indicador analógico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los indicadores analógicos son de ayuda para diferir sobre los estados de la planta, materias primas y productos (ítem 2.5). • Al mover el indicador, se conoce el valor, la dirección, el historial y la magnitud en un periodo de tiempo definido.

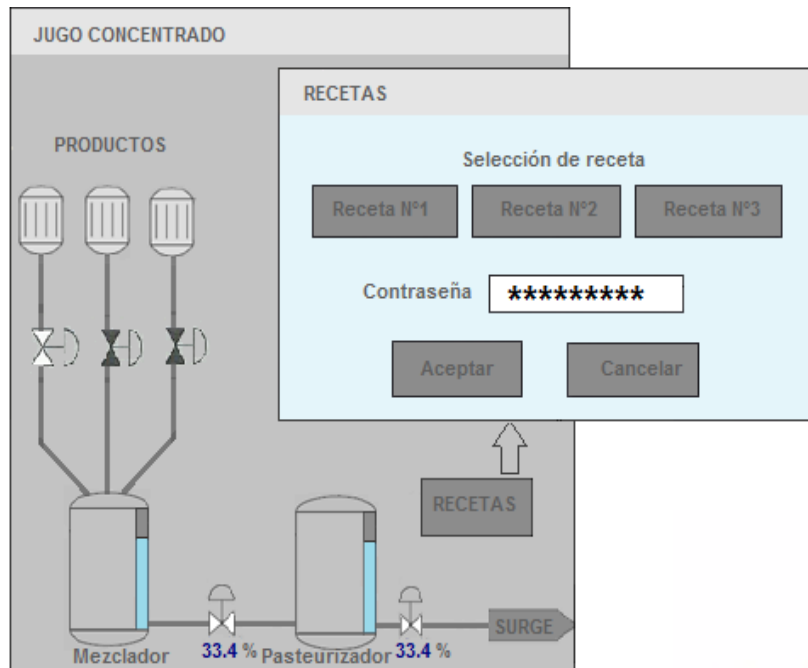
 <p>Indicadores de balance de materiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuentan con un centro en cero y una barra indicadora hacia arriba o hacia abajo para calcular la diferencia acumulada, que debe ser superior al valor de la capacidad del equipo y si es menor se da paso a la indicación de la alarma (ítem 2.5). • Una de sus funciones es la visualización del rango de trabajo, advertir sobre fugas y desbordamiento de materiales.
 <p>Controladores de proceso</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para los controladores de proceso se revela información sobre su funcionamiento, estado y conectividad. • Da acceso al faceplate, en donde se detalla las características del controlador y a los parámetros ajustables como el <i>setpoint</i>, el modo, la salida entre otros. • Se presentan con cuatro elementos, tales como el valor de proceso del controlador cuya abreviación es (P), controlador de consigna (S), salida del regulador (O) y los modos del controlador: automático (AUTO), manual (MAN), cascada (CAS) (ítem 2.2.5.1). • Puede estar acompañado de una alarma de indicación, tiene un espacio en la parte superior para un título corto y conciso. • Se resalta el uso del color, como por ejemplo el color verde, que permite distinguir entre las medidas detectadas por el sistema y los valores que el operador ha cambiado.
 <p>Tendencias</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Procesa la información por medio de una agrupación de valores, en gráficos situados en la parte destinada al sinóptico del proceso (ítem 2.6). • El trazo de la tendencia va acorde al comportamiento en un transcurso de tiempo, empleando un mínimo y máximo de la variable, diferenciando los valores con colores. El tamaño debe ser menor a 2 pulgadas y se le asigna un nombre. • Para la condición del proceso, se predetermina y adecua una base de tiempo, a la cual se llega pero además se ajusta e indica dependiendo de los valores del rango. . • Los botones con los que cuenta se emplean para variar los parámetros del tiempo, indicar lo que ocurre en tiempo real y el “<i>retrend</i>” permite retornar a los valores calculados automáticamente, si en algún momento los que se ajustaron manualmente no son apropiados. • Se muestra en las tendencias el valor del proceso, el set point y la salida, para el caso de un controlador.
	<ul style="list-style-type: none"> • Los elementos presentes en las pantallas denominadas “faceplate” que son ventanas de imágenes, pueden ser o no modificables, pero también pueden violar los principios de Alto Rendimiento,

 <p>Faceplate</p>	<p>dependiendo de la información que se requiera (2.2.3). Los colores utilizados tienen hincapié en los principios de alto rendimiento, salvo en las pantallas que requieren una excepción a las reglas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ventanas creas con el fin de acelerar el desarrollo de una pantalla, de tal modo que cuando se accede a ella, se logre ajustar las ganancias del lazo, puntos de ajuste, contando con información más detallada que no se pudo colocar en la pantalla de visualización anterior.
---	---

Fuente: Propia, 2015.

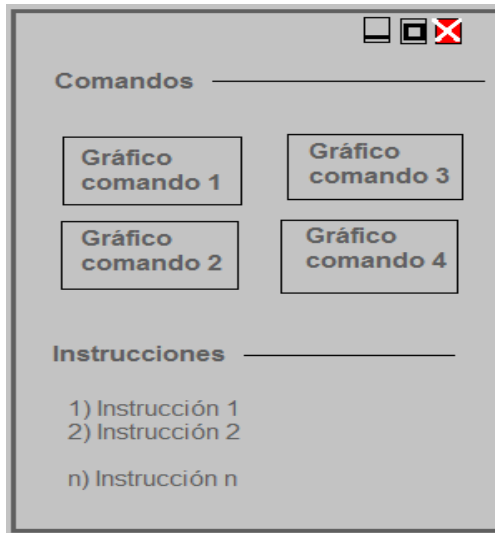
3.2.16 Faceplates. Son ventanas auxiliares y en algunas ocasiones requiere de contraseñas para el acceso, incrementando así el nivel de seguridad. Un ejemplo se narra gráficamente en la Figura 70 y Tabla 18. En la Figura 71, se aprecia un comando para ingresar a la pantalla de recetas, con una restricción para tal eventualidad. Otro, es en cuando se requiere ayuda del sistema para hacer una sintonia con autotune. Para su creación basta con tener claro las funciones y la información que brindará, indicando cuales serán los comandos exactos y su funcionalidad. Debe acompañarse de imágenes claras que simbolizen las funciones y si dado el caso no se entienda la parte textual, se logre captar su objetivo mediante los gráficos. El acompañamiento de las imágenes con texto es vital, también tener un paso a paso de lo que se debe hacer para ejecutar cierta función, dando claridad absoluta sobre esa fase del proceso.

Figura 70. Comando que permite entrar a la pantalla de recetas.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 71. Faceplate para autotune en el sistema.



Fuente: Propia, 2015.

Para los faceplate de ayuda, se debe acompañar la definición de cada uno de los comandos que podrá usar en el sistema, antecedido de una ilustración gráfica del mismo para dar claridad y precedido de una lista de instrucciones. Las instrucciones son un paso a paso de las actividades que debe realizar como por ejemplo presionar, seleccionar y utilizar. Haciendo la suposición que se desea ayuda, para hacer un ajuste automático en el sistema, se definen cinco comandos, uno para liberar la etiqueta, otro para adquirir la etiqueta, encender el auto ajuste, abortar el auto ajuste y copiar las ganancias en las etiquetas.

Las instrucciones van ligadas a informarle al operario que debe presionar el botón "adquirir" para acceder a la etiqueta de auto ajuste, seleccionar el tipo de proceso, comprobación de la secuencia de auto ajuste mediante un botón, selección del botón específico para las ganancias y selección del botón de liberación de las etiquetas del auto ajuste (Figura 71). Si se requiere ingresar datos manuales, se utiliza un faceplate para hacerlo, así como se ve en la Figura 72. En donde además se ingresa datos actuales y se comprueba los mínimos y máximos. Para las alarmas existen dos modos que vienen por defecto, son el programa y el operador; creando un faceplate para mostrar el modo seleccionado: Figura 73.

Debe existir un faceplate en el que para las alarmas se conozca el nombre del instrumento, su etiqueta, el texto a visualizar, el estado y los comandos (Figura 74). Se debe visualizar que está ocurriendo con los comandos, es decir si está habilitado y que acciones realizar luego de llevarse a cabo. En la Figura 75 se nota la habilitación de permisos para abrir o cerrar un instrumento, en donde se debe concretar que actividades se pueden realizar al navegar hasta la pantalla donde se encuentra y su estado. Para el estado se usa 0 y 1 para abrir o cerrar respectivamente, como normalmente se usa.

Figura 72. Faceplate para el ingreso de datos.

A software window titled "TITULO" with standard window controls (minimize, maximize, close). It contains a numeric keypad with buttons for digits 1-9, *, 0, and #. To the right of the keypad is a left-pointing arrow. Above the keypad are labels "Máximo:", "Mínimo:", and "Actual:" followed by a single-line text input field. At the bottom are three buttons: "OK", "APLICAR", and "CANCELAR". A button labeled "LIMPIAR" is located to the right of the keypad.

Fuente: Propia, 2015.

Figura 73. Modo en el que se encuentra el sistema.

A software window titled "TITULO" with standard window controls. It features two radio buttons. The top one is labeled "PROGRAMA" and is currently unselected. The bottom one is labeled "OPERADOR" and is selected, indicated by a green dot in the center. At the bottom are three buttons: "OK", "APLICAR", and "CANCELAR".

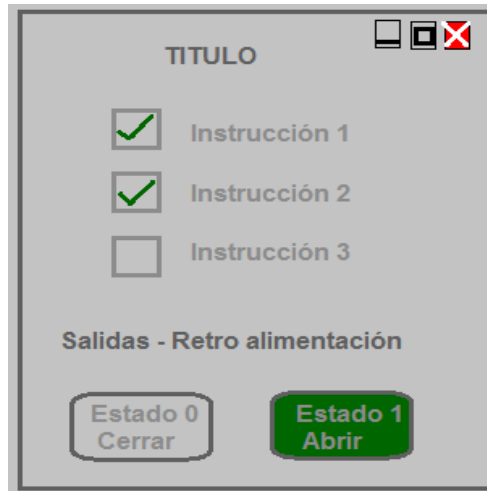
Fuente: Propia, 2015.

Figura 74. Faceplate para las alarmas del sistema.

A software window titled "TITULO" with standard window controls. It displays "NOMBRE INSTRUMENTO" and "Etiqueta instrumento". Below this are two lines of text: "Estado 0: Cerrar" and "Estado 1: Abrir". Underneath is the label "Número de estado" followed by three radio buttons labeled 2, 3, and 4. The radio button for "4" is selected with a green dot. At the bottom are two checkboxes: "Instrucción 1" (checked with a green checkmark) and "Instrucción 2" (unchecked).

Fuente: Propia, 2015.

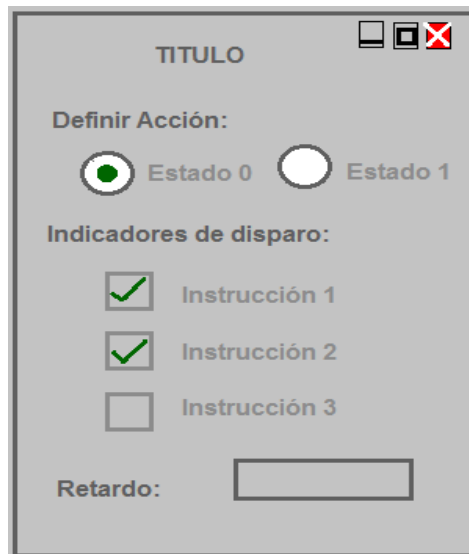
Figura 75. Faceplate para las acciones que se habilitan en una navegación dada.



Fuente: Propia, 2015.

Al jugar con todas las funcionalidades que puede llegar a tener los faceplates y para resaltar las partes más cruciales del proceso, se establece un orden para las acciones de un determinado objeto. Es el caso de que para un instrumento se quiere conocer, las acciones en cuanto a sus estados y los indicadores de disparo, sin olvidar el tiempo en que se va a tardar en ejecutarse. Sin hablar más, esto se grafica en la Figura 76. El texto se escribe en Arial, 12, se usan íconos gráficos y acompañando de líneas que indican que parte esta activo y las que no.

Figura 76. Faceplates para determinadas acciones en un dispositivo.



Fuente: Propia, 2015.

Para mostrar las fallas tanto en las entradas como en las salidas de un dispositivo, se manejan faceplates que den a conocer su estado, es decir si se encuentra no suspendida, habilitado y no suprimida (Figura 77).

Figura 77. Faceplate para fallas de un dispositivo.

The image shows two side-by-side faceplate windows. The left window is titled 'TITULO' and contains three status indicators: 'Falla en I/O' with a checked checkbox, 'Interlock Activo' with an unchecked checkbox, and 'Falla Reportada' with a checked checkbox. At the bottom are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons. The right window is titled 'FALLA I/O' and features a radio button labeled 'Estado Alarma'. Below it are three buttons: 'No suspendida', 'Habilitada', and another 'No suspendida'. At the bottom are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons.

Fuente: Propia, 2015.

Cuando se tienen procesos complejos o que requieren un máximo cuidado, se debe crear un faceplate para las alarmas, determinar el tiempo en que se activará y desactivará (Figura 78).

Figura 78. Faceplate para indicar el tiempo en que estará activa una alarma.

The image shows a single faceplate window titled 'TÍTULO'. It contains two input fields for time: 'Tiempo mínimo de salida de la alarma:' followed by a text box and 'seg', and 'La suspensión se desactivará, después de:' followed by a text box and 'seg'. At the bottom are 'Aceptar' and 'Cancelar' buttons.

Fuente: Propia, 2015.

Cuando se va a realizar mantenimiento al sistema, mediante el faceplate se indica que el operador ejecutará las acciones, se habilita los permisos y los interlocks (Figura 79).

Figura 79. Faceplate para las acciones importantes en mantenimiento del sistema.

The image shows a dialog box titled 'TÍTULO' with standard window control buttons (minimize, maximize, close) in the top right corner. The dialog contains the following fields and controls:

- Interlocks:** A single horizontal text input field.
- Permisos:** Two horizontal text input fields.
- Modo:** Four square checkboxes arranged in a 2x2 grid.
- Buttons:** Two buttons at the bottom, labeled 'Aceptar' (Accept) and 'Cancelar' (Cancel).

Fuente: Propia, 2015.

También se puede jugar un poco con la información que se quiere transmitir y es así como en un Faceplate, se consignan los indicadores de estado, nivel, modo, entre otros. Cuando el operario requiera información y explicación sobre diversos símbolos, de los cuales olvidó su significado o quiere cerciorarse de su funcionamiento.

3.2.17 Animaciones. Son empleadas para darle ritmo a la interfaz HMI, pero se restringe para que el operario se concentre, en la parte trascendental del proceso y no se distraiga innecesariamente con colores llamativos, llenado de tanques, elementos brillantes, entre otros. Enfocar la atención del operador en la información crítica, eliminar la confusión y los errores, con unas interfaces de fácil lectura, intuitivos y de adecuada retroalimentación. Optimizar el tiempo de reacción, con información simple, lógica y de buen rendimiento; sin olvidar los cuatro niveles del HMI. Dirigir al usuario de una ventana a otra, mediante botones, menús y demás, usando los *slider* en sentido vertical u horizontal.

4. CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN DE LA GUÍA PRÁCTICA PARA INTERFACES HOMBRE - MÁQUINA (HMI) DE ALTO RENDIMIENTO

4.1 ELECCIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO, PARA VALIDAR LA GUÍA PRÁCTICA PROPUESTA, EN LA IMPLEMENTACIÓN DE INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO

La validación de la guía para interfaces Hombre – Máquina HMI bajo el enfoque de Alto Rendimiento, planteada en este Proyecto de investigación, se efectúa en un proceso real del campo azucarero, basado en las características de uno de los procesos de los clientes de la empresa OMNICON S.A. El proceso de caña de azúcar incluye doce etapas, agrupadas en dos áreas principales. El área 1 se denomina Molinos y está conformada por la recepción, descarga, alimentación de la caña, molienda y cogeneración de energía eléctrica. El área 2 llamada Fabricación, incluye la purificación, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugado, azúcar refino, secado y empaque. Pero la validación sólo se centrará en el área de molinos y la sub área del patio de caña, que retoma la recepción de la caña de azúcar, picado y desfibrado.

4.2 OBJETIVOS DE LA VALIDACIÓN DE LA GUÍA PRÁCTICA

El objetivo de la validación de la guía, es adoptar el proceso de transformación de la caña de azúcar, diseñando las pantallas de supervisión, monitoreo y control con la metodología de Alto Rendimiento descrita en los capítulos anteriores. Principalmente, minimizando la paleta de colores utilizada en todo el diseño general, tanto de la instrumentación como de las tendencias, alarmas, textos, variables y rangos de operación. Sólo colocando la información más relevante del proceso y que genere beneficios futuros, para detectar a tiempo estados indeseables y evitar situaciones de riesgo. Comprobando de esa manera, que la mejor opción tanto para el desempeño como para el ahorro de tiempo y dinero, consiste en unas buenas prácticas de diseño. Ya que lo que anteriormente se creía que era más útil, al verse más agradable visualmente, repercute directamente en el comportamiento del proceso, en la identificación adecuada de las variables críticas y en la seguridad de todo el proceso y de los actores dentro del mismo.

4.3 SOFTWARE ELEGIDO PARA VALIDAR EL CASO DE ESTUDIO, CON LA GUÍA PRÁCTICA PROPUESTA

En el capítulo 2 se mencionaron ocho principales software para la programación de las interfaces HMI, pero para darle una mayor consistencia al diseño del proyecto se tienen en cuenta sólo cinco, de los que se elige sólo uno. El que cumpla con más criterios de decisión establecidos para la validación es con el que se va a trabajar, para lograr un correcto diseño, constitución e implementación de interfaces HMI; pero sobre todo que permita la ejecución de los pasos y principios de Alto Rendimiento. El grupo de cinco empresas son las que han logrado posicionar muy en alto su software para programar HMI, dentro de las cuales está: Siemens, Rockwell Automation, Schneider Electric,

Automation Studio y General Electric. De las anteriores, se elige uno que es en la que se va a desarrollar la programación del HMI, validando la guía propuesta en esta fase del proyecto. Se crea un Anexo (Anexo L) en el que se detallan los criterios más acordes al proyecto, a la información encontrada en las páginas web de cada empresa, a un análisis global de cada una de sus funciones y de las ventajas que ofrece a los proyectos de elaboración de HMI. Por ende, no representa un marco definitivo de lo que ofrece cada empresa en su totalidad, sólo es lo que más se asemeja al proyecto de tesis, en cuanto a lo que se necesita para la validación. Al comparar las funcionalidades de Siemens [67,68], Rockwell Automation [69,70,71,72,73], General Electric – iFIX [74,75] y Schneider Electric [76]; se llega a la conclusión de que el mejor software para validar la guía sugerida y para el caso de estudio es: el paquete de Rockwell Automation.

4.4 DISEÑO DE LA ACTIVIDAD DE VALIDACIÓN DE LA GUÍA PRÁCTICA PROPUESTA, EN EL CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO

Inicialmente se buscaba estudiar el conocimiento y las prácticas de los operarios de la empresa del campo azucarero cliente de OMNICON. En segundo lugar se pretendía darles a conocer el sistema de supervisión creado para dicho caso; pero este contacto se limitó debido a la necesidad de desplazarse hasta otro departamento. En vista de ello, se restringió la validación a diseñar el sistema de supervisión, presentarlo a OMNICON, realizar una encuesta a algunos integrantes de OMNICON y de la Universidad del Cauca.

4.4.1 SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL HMI CON ALTO RENDIMIENTO PARA EL CASO DE ESTUDIO. En *FactoryTalk View Site Edition*, software escogido para la validación de la guía para HMI con un enfoque de Alto Rendimiento, se realizó la programación de una interfaz para la empresa de caña de azúcar. El sistema cuenta con un área general y dos sub áreas, además de alarmas, tendencias, interlocks y faceplate para la diferente instrumentación. El comportamiento del sistema se ve reflejado en la misma operabilidad y permite comprobar su funcionamiento. A propósito de esto, se crearon pantallas para el inicio de la aplicación, vista general del área 1, área de molinos, área del patio de caña, para cada uno de los seis molinos, mesas para el ingreso de caña de azúcar, banda júpiter, picadora y desfibradora; que se podrán apreciar más adelante.

4.4.1.1 Pantallas de la interfaz HMI sugerida con Alto Rendimiento. La interfaz cuenta con una pantalla de inicio (Figura 80) e ingreso a la aplicación, que direcciona mediante botones, a la pantalla de vista general (Figura 81) del proceso o sale del todo de la aplicación. Se usa un fondo gris neutro, letra Arial 12, negrita y líneas de color gris oscuro.

La pantalla del menú principal *overview* (Figura 81) en donde se aprecia una vista general, de una de las áreas del proceso de producción de caña de azúcar. Suponiendo que el área se llama “Área 1”, se divide en dos unidades que son la del patio de caña y la de la molienda. Se maneja una navegación por botones, para ir de la pantalla principal a las unidades. Se cuenta con la opción de salir de la interfaz es decir, de cerrar la aplicación. Se acompaña el diseño de los tanques con interlocks, configurados de acuerdo a las dimensiones y funciones. La animación de los equipos se realiza

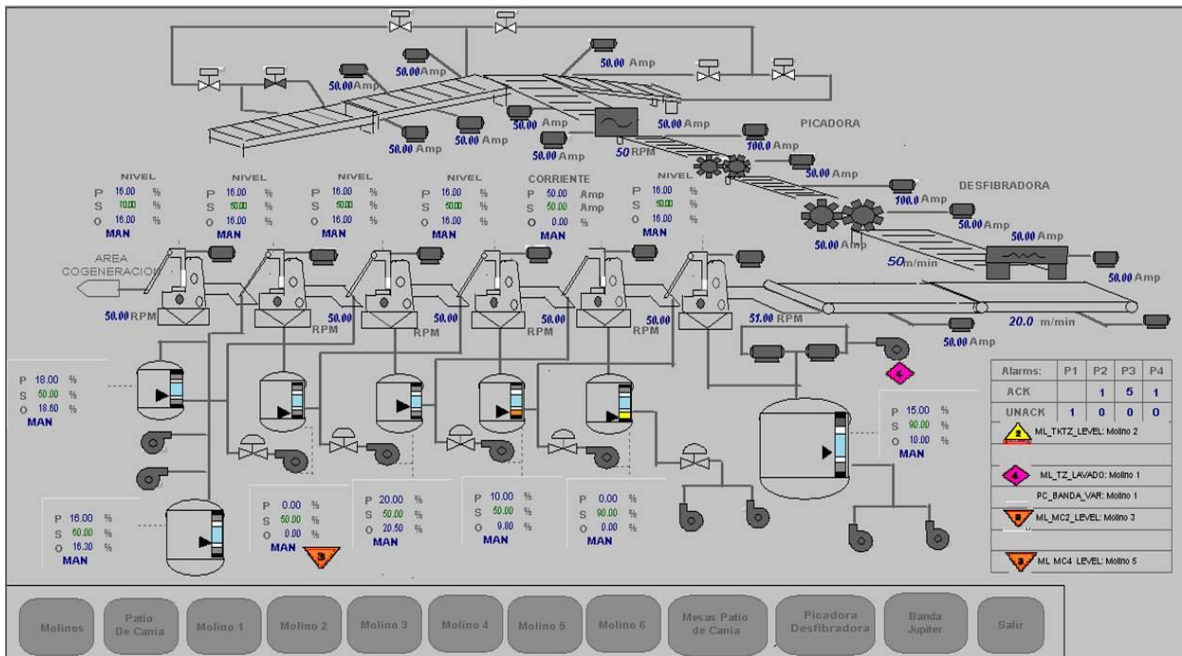
concordando, las Tags con los colores destinados a un Alto Rendimiento, siendo blanco el sinónimo de paro y el gris neutro de funcionamiento normal.

Figura 80. Pantalla de inicio de la aplicación, del proceso de caña de azúcar.



Fuente: Propia, 2015.

Figura 81. Pantalla de la vista general del área 1 del proceso, con Alto Rendimiento.

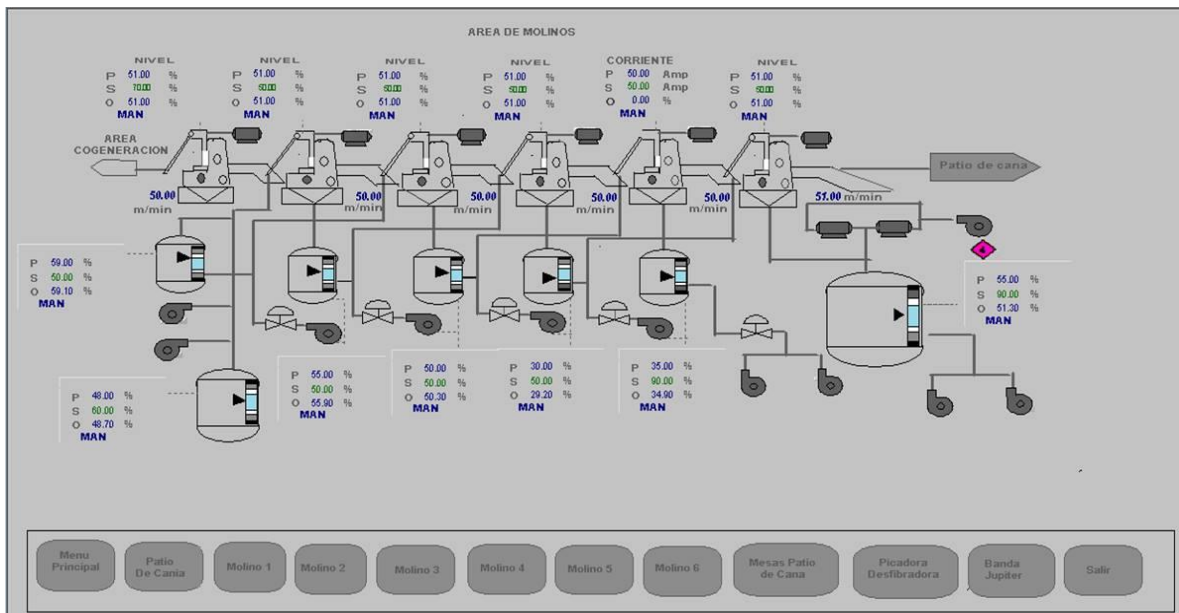


Fuente: Propia, 2015.

El área de los molinos (Figura 82), dentro del área 1, del proceso de caña de azúcar; consta de seis molinos, con un tanque de almacenamiento de jugo para cada uno, un motor, una motobomba y una válvula. Se coloca un *interlock* en cada tanque de jugo y al de almacenamiento de agua, para verificar el nivel del jugo y del agua, una tendencia y

una alarma. La navegación se realiza mediante botones en el menú inferior, mediante equipo, es decir que con darle *click* a cada molino, se direcciona a ese molino como unidad, en donde se especifica mejor su comportamiento y elementos. Otra navegación se realiza mediante el target de navegación, que permite ir de la pantalla del área de molinos al de patio de caña. La pantalla permite salirse de la aplicación en cualquier momento, utiliza la letra Arial 12, negrita, con títulos y nombres la primera letra en mayúscula y las demás en minúscula.

Figura 82. Área de molinos del proceso de caña de azúcar, con Alto Rendimiento.



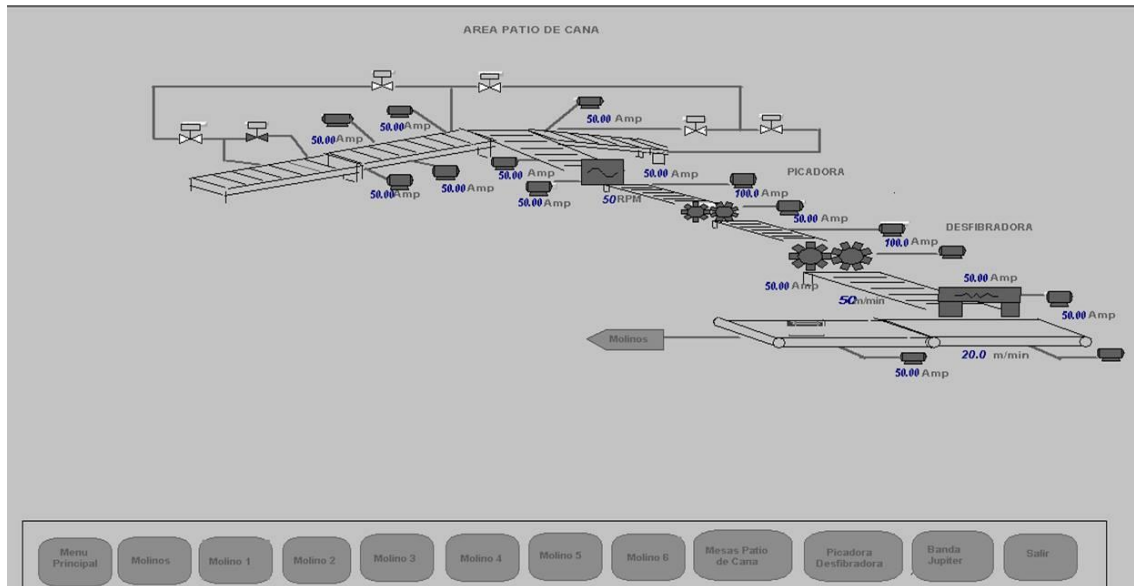
Fuente: Propia, 2015.

El área del patio de caña (Figura 83) consta de tres mesas para el ingreso de la caña de azúcar, a una banda transportadora y hacer el lavado. Luego de ser limpiadas, pasan con la ayuda de una banda transportadora a la picadora y desfibradora. Cada banda transportadora y equipo cuentan con su respectivo motor para su adecuado funcionamiento, alarma para conocer cuando hay algo que interrumpa el curso del proceso. Las motobombas para el lavado, cuentan con su alarma, para indicar en que momento no están operando bien. Se hace una navegación mediante botones, target de navegación y al tocar un equipo. Se usa fondo gris neutro, líneas gris oscuro, letra Arial 12, negrita y en minúscula, excepto la primera letra que va en mayúscula.

El área de molinos como ya se había mencionado, consta de seis molinos para los que se crea una pantalla, controlador del proceso, una navegación mediante botones y targets de navegación, incluye símbolos de bloqueo con un fondo azul claro y la letra es Arial, 12, negrita y en minúscula. El molino 1 se observa en la Figura 84 y tiene un fondo de

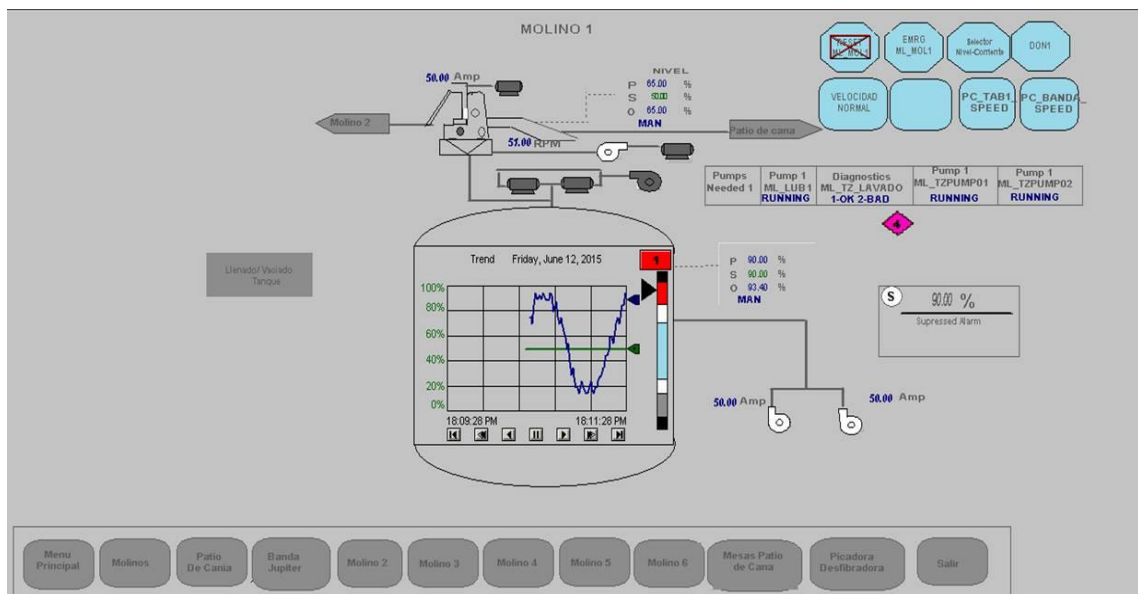
pantalla gris claro, el molino 2 en la Figura 85, molino 3 en la Figura 86, molino 4 en la Figura 87, molino 5 en la Figura 88 y el molino 6 en la Figura 89.

Figura 83. Área del patio de caña del proceso, con Alto Rendimiento.



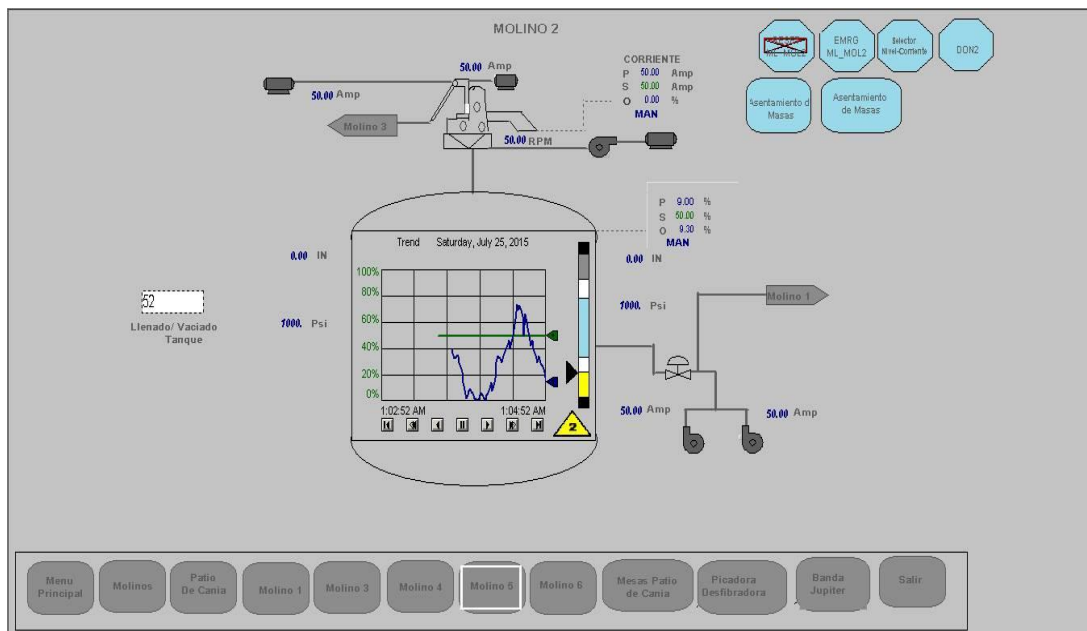
Fuente: Propia, 2015.

Figura 84. Molino 1 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento.



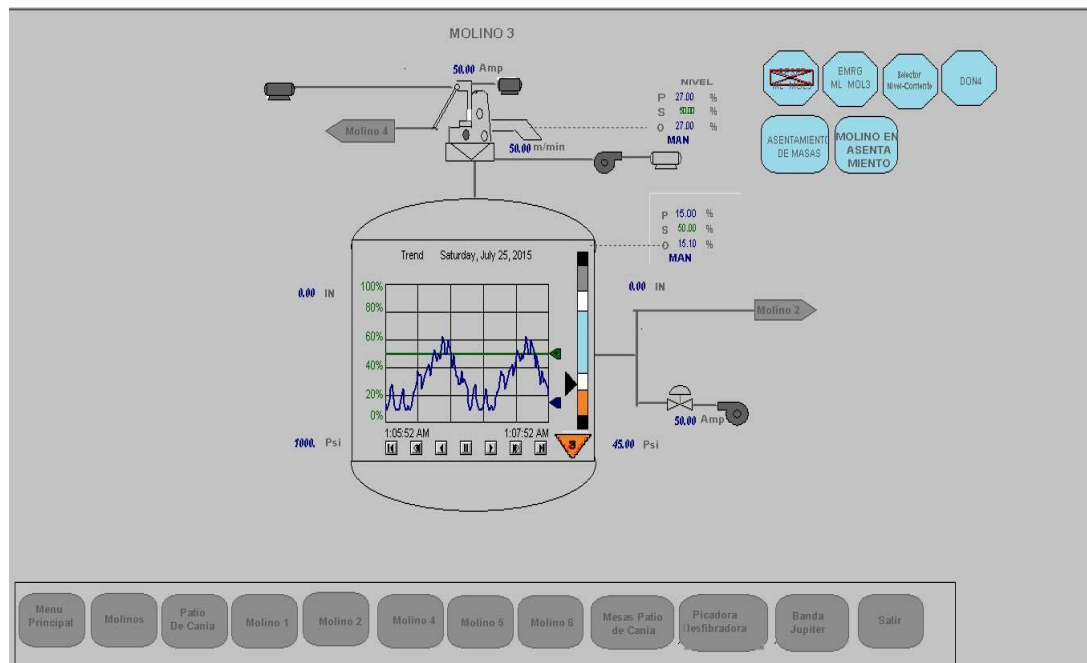
Fuente: Propia, 2015.

Figura 85. Molino 2 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento.



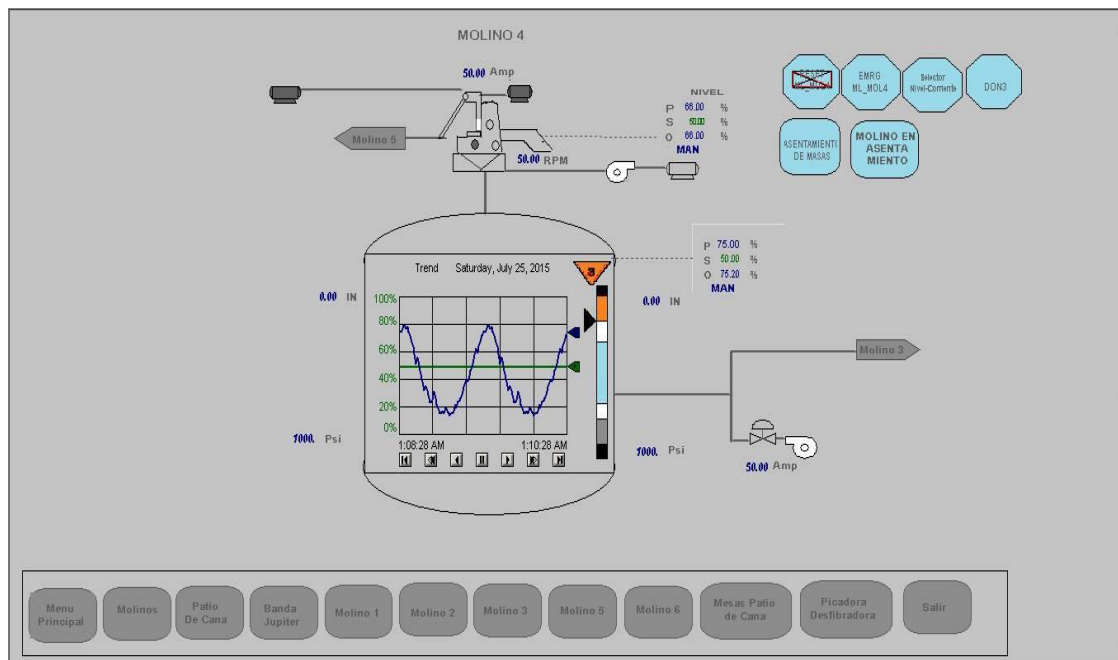
Fuente: Propia, 2015.

Figura 86. Molino 3 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento.



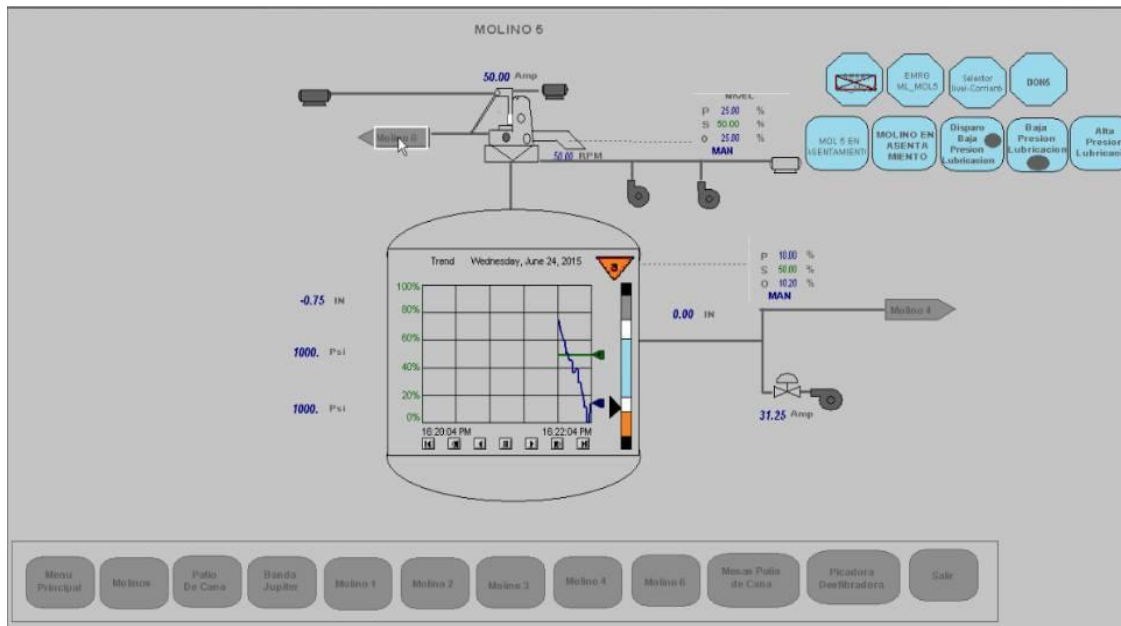
Fuente: Propia, 2015.

Figura 87. Molino 4 del área de molienda del proceso, con alto Rendimiento.



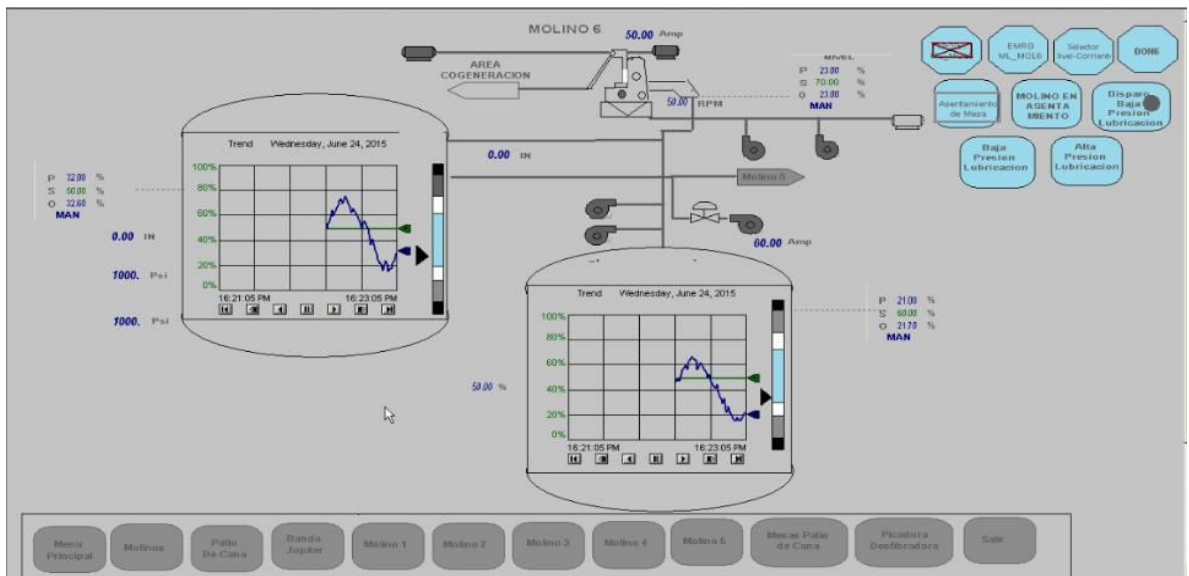
Fuente: Propia, 2015.

Figura 88. Molino 5 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

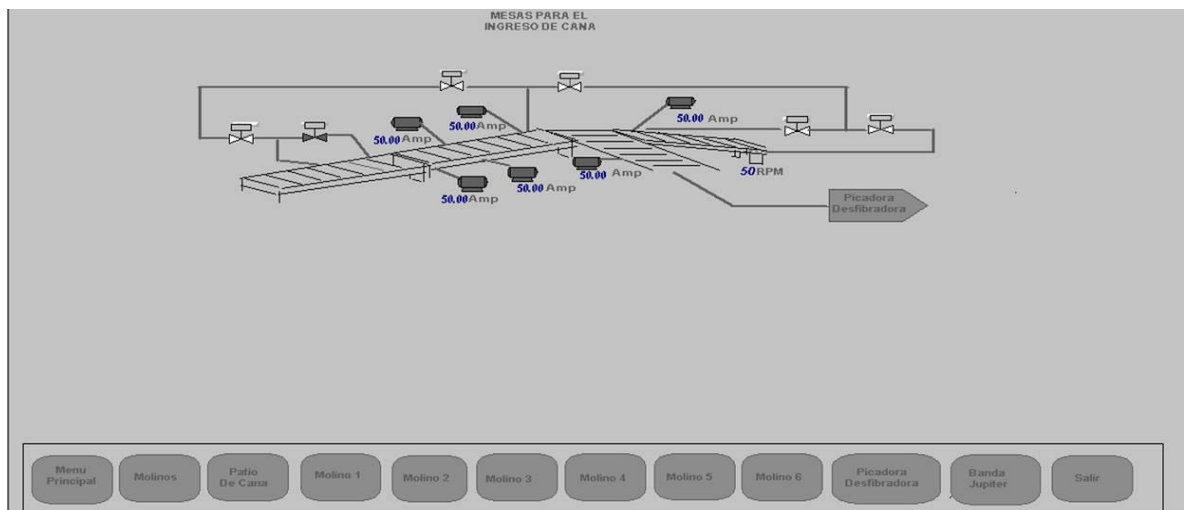
Figura 89. Molino 6 del área de molienda del proceso, con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

La pantalla que narra la parte de las mesas para el ingreso de caña, se ve en la Figura 90, en donde se ubica las tres mesas para el ingreso y la banda transportadora respectiva, motobombas para regular la dosificación de agua y los motores para controlar el funcionamiento de los dispositivos. Se tiene alarmas, navegación por botones y target de navegación. Fondo de pantalla gris oscuro, letra Arial 12, negrita.

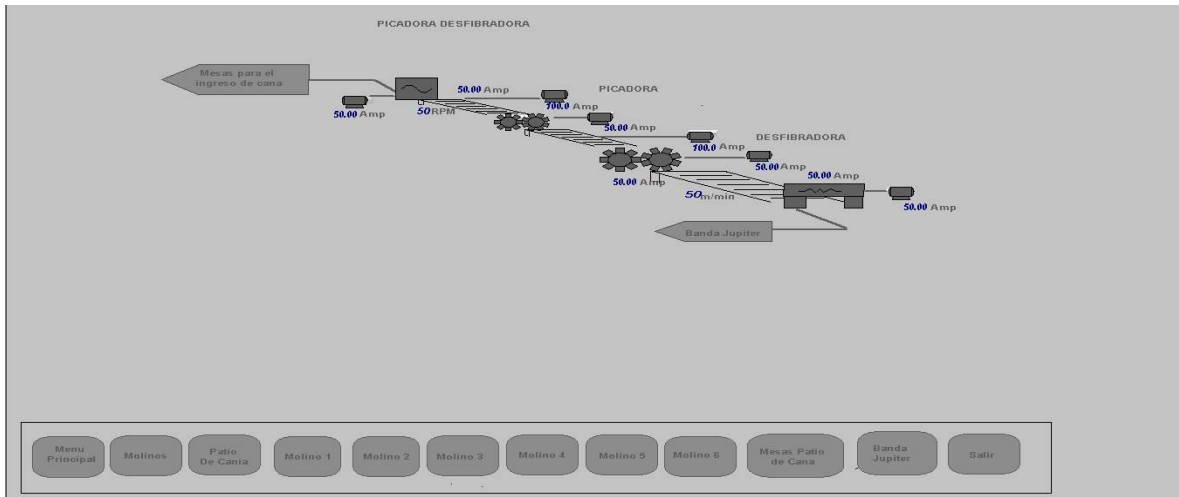
Figura 90. Mesas para el ingreso de caña del proceso, con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

Luego del ingreso de la caña de azúcar por las mesas, pasa al proceso de picado y desfibrado (Figura 91), donde se incluye alarmas y una navegación por botones y target. Con sus respectivas alarmas y fondo gris claro, letra Arial 12, negrita.

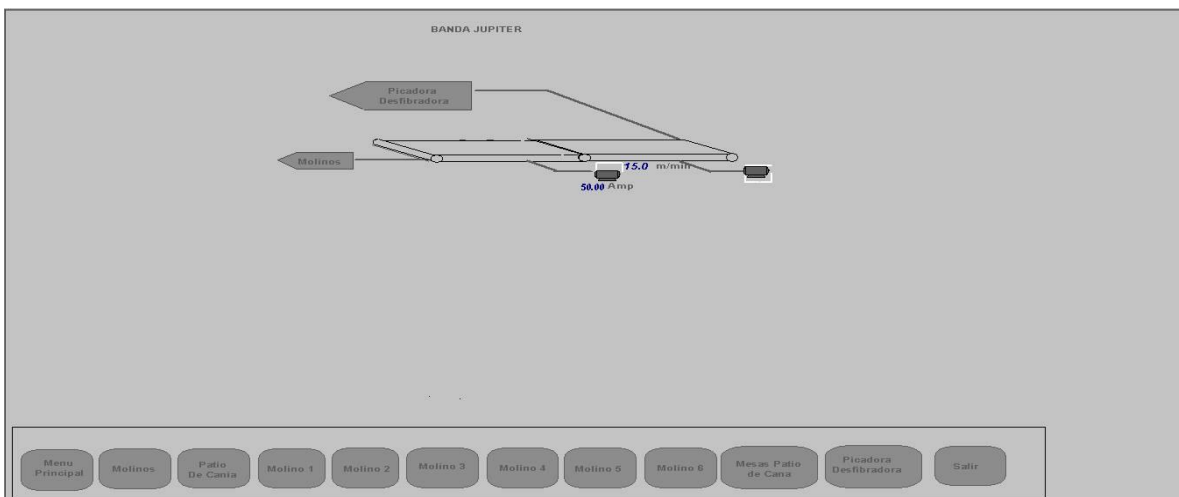
Figura 91. Picadora y desfibradora del proceso, con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

Finalizado el proceso de picado y desfibrado, mediante la banda júpiter (Figura 92) los trozos de caña de azúcar pasan al área de molienda. La navegación se da por targets y por botones, la letra usada es Arial 12 negrita y el fondo es gris claro.

Figura 92. Banda júpiter, del proceso de caña de azúcar, con Alto Rendimiento.



Fuente: Propia, 2015.

4.4.1.2 Comparación del antiguo diseño con las nuevas interfaces, siguiendo los principios de Alto Rendimiento. Comparando las dos pantallas manejadas inicialmente con las del enfoque de Alto rendimiento, se puede notar rápidamente el cambio drástico, la reducción de acumular datos por acumular, darle uso debido a las tendencias y a los *faceplates*. Comprobando una vez más que el hecho de tener acumulación de valores, no significa contar con información.

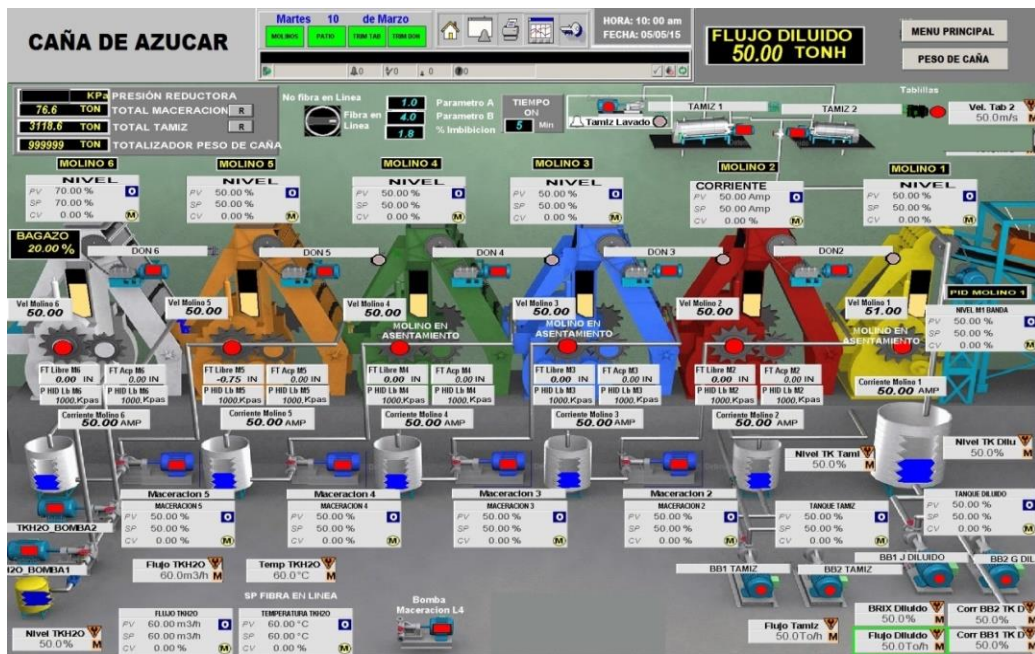
Anteriormente se generaba confusión por la utilización de diversos colores, sin una función específica para cada uno, pero con el nuevo enfoque se logra renovar esta técnica. Para las alarmas se reservan cuatro colores específicos como son el amarillo, rojo, naranja y magenta. El fondo de color gris claro da una sensación de tranquilidad y evita el estrés ocasionado por la agrupación, de muchos elementos del proceso. El Alto Rendimiento genera orden en las unidades y sub unidades, permitiendo conseguir más detalle a medida en que se navega por las pantallas y se ingresa hasta la información de equipos, lo que significa contar con la arquitectura y jerarquía de pantallas estudiada anteriormente. Otro factor benéfico es el ahorro de diseño complejo de toda la interfaz, aunque existe la salvedad de que se debe tener más cuidado, con el uso de los *interlocks*, tendencias, *faceplates*, alarmas y navegación.

A continuación, en la Figura 93 se muestra el anterior diseño del área de molinos y al compararlo con la Figura 82 de Alto Rendimiento, se concluye que el uso de *interlocks*, controladores de proceso y manejo de los niveles de pantallas, minimiza la producción de valores, simplificando las operaciones y mejorando la visibilidad del proceso. Ahora con un simple vistazo, es más fácil saber qué es lo que está pasando y anticiparse ante cualquier situación anormal, realizando correcciones a tiempo y evitando la propagación de alarmas y otras eventualidades no deseadas. De igual manera sucede con la Figura 94 que muestra el anterior patio de caña y al compararlo con la Figura 83, es muy notorio el cambio y la reducción de componentes que lo único que hacen es distraer.

Ya de manera adicional, en el enfoque de Alto Rendimiento se han creado pantallas de descripción del área de proceso, control y detalle de unidad de proceso, soporte de unidad de proceso. Comprobando que a pesar de que parezca más creación de pantallas, no es redundante en cuanto a la información que maneja y por el contrario logra centrar al operario en lo que realmente está ocurriendo; garantiza por tanto la seguridad del proceso y de los trabajadores. Como factor adicional, se centra en mermar la carga visual y con pequeños elementos monitorear, controlar y supervisar el proceso.

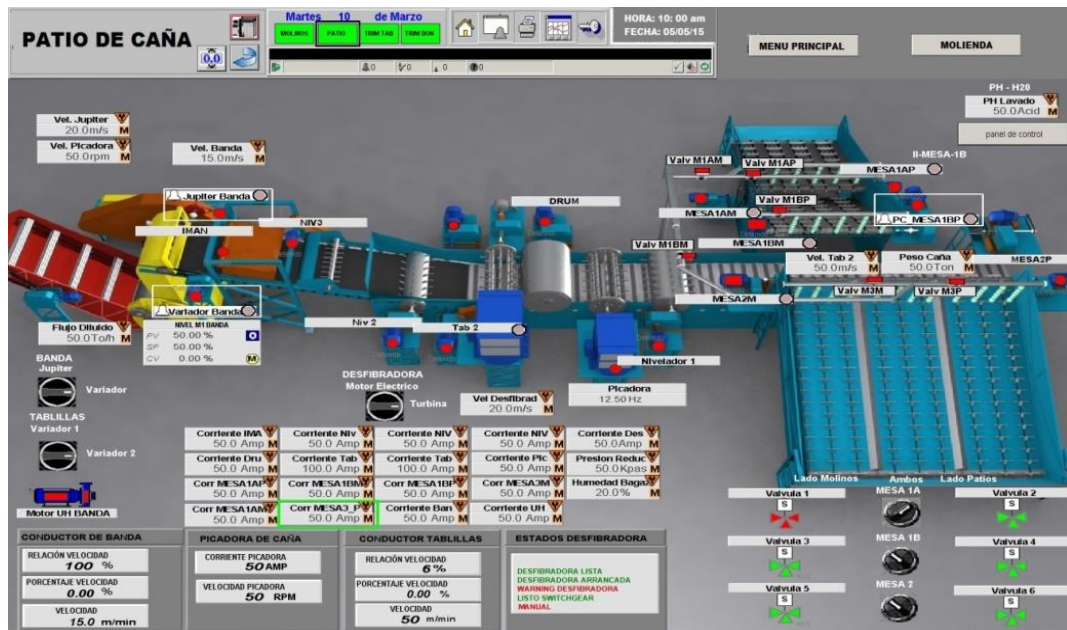
Aclarando que el sistema parezca más simple, plano y aburrido en sus colores, las ventajas que trae son bastantes a comparación de los riesgos que se corre con las otras. Por ende, se persuade de que se aplique este enfoque, siempre y cuando el proceso al que se le va a asignar un Alto Rendimiento, permita la utilización de todas las herramientas. Debido a que hay procesos tan complejos y tan grandes, que resulta más útil manejar varios datos en una sola pantalla, pero aún así, al lograr ordenar paso a paso dichas unidades, se puede adecuar el Alto Rendimiento en la base de la interfaz.

Figura 93. Área de molienda del proceso de Caña de Azúcar



Fuente: Propia, 2015.

Figura 94. Área de caña del proceso de Caña de Azúcar.



Fuente: Propia, 2015.

4.4.2 ENCUESTA. Se elige un grupo de diez personas para desarrollar la actividad, entre las que se encuentran ingenieros de proyectos de la empresa OMNICON, estudiantes e ingenieros en Automática industrial de la universidad del Cauca. La consecuencia de esta actividad fue determinar qué tanto influyen las anteriores prácticas, qué tan arraigadas están y si hay alguna motivación para encauzarse hacia un Alto Rendimiento. La serie de preguntas sobre la percepción de las antiguas pantallas HMI y la comparación con las de Alto Rendimiento, se contemplan en el Anexo M. Consolidando las respuestas, se llegan a las siguientes apreciaciones, en cuanto a la guía propuesta en este proyecto de grado.

4.4.2.1 El enfoque planteado en la guía práctica es útil, para dar mayor orden y claridad a las pantallas que se están diseñando, conociendo más fácilmente las alarmas en el sistema y aplicando parámetros útiles, en cuanto al color, texto y distribución.

4.4.2.2 El nuevo diseño permite detectar situaciones anómalas de manera clara y precisa, aunque la cantidad depende del sistema y de lo contemplado en el estándar ISA 18.2.

4.4.2.3 Las notificaciones de alarma y de eventos de la planta, se basan en lineamientos internacionales, lo que le da más solides a la guía propuesta. Aunque los interlocks son propios del control del sistema, las definiciones contempladas en el documento, sirven como soporte para tener claridad en su funcionalidad.

4.4.2.4 se afirma que los principios de claridad, consistencia y retroalimentación, de un Alto Rendimiento, si se tendrían muy en cuenta al momento de diseñar un HMI.

4.4.2.5 Los parámetros para lograr un diseño con Alto Rendimiento, son útiles y efectivos, aunque falta establecer un orden lógico, de tal manera que se especifique desde lo global hasta lo más pequeño. Se tendría en cuenta principalmente lo propuesto en cuanto a los eventos del proceso, color, texto, jerarquía, arquitectura y distribución de pantallas, valores e información del proceso, representación de líneas, comandos y estados de equipos.

4.4.2.6 No hay claridad en la jerarquía definida para la arquitectura de las pantallas, pero existe una idea de lo que se podría adoptar, estableciendo pantallas generales y crear una para cada unidad y equipos, que conforman las áreas del proceso.

4.4.2.7 La navegación propuesta es útil, pero se podría reducir a tres componentes, para entrar a jugar un papel más sólido, dentro del enfoque de Alto Rendimiento y lograr movilizarse fácilmente, percibiendo información importante del proceso.

4.4.2.8 Comparando las anteriores gráficas establecidas en el caso de estudio, hubo unanimidad en que el nuevo diseño propuesto, es más factible, claro, concreto en las alarmas, tendencias, interlocks, y distribución de unidades. Reduciendo grandes volúmenes de información, permitiendo visualizar más fácilmente el proceso y su comportamiento a medida que avanza el tiempo.

4.4.2.9 Las gráficas diseñadas bajo la guía propuesta, pueden llegar a reducir el tiempo de aprendizaje del comportamiento de la planta, mejorar el mantenimiento, rápida utilización, minimización de errores, objetivos claros y alto grado de satisfacción del

usuario. Por ende, se verifica que el objetivo principal de crear HMI, bajo unos parámetros de Alto Rendimiento se cumple, aunque para procesos grandes y complejos resulta engorroso, es de bastante utilidad a la hora de diseñar interfaces, velar por la seguridad de los operarios y de la planta. Permite además adelantarse a posibles situaciones anormales, al observar el comportamiento del proceso, en un tiempo dado y corregir oportunamente condiciones no deseables.

4.4.3 Presentación de la interfaz a la empresa OMNICON. Se presentó la interfaz HMI para el proceso de caña de azúcar a OMNICON, comprobando el cumplimiento de la guía propuesta, uso de los principios para llegar a un Alto Rendimiento, adecuados niveles de pantallas, arquitectura, jerarquía, navegación oportuna y clara. El comité encargado de recibir la propuesta expresó frente al proyecto, que si se cumplía con el objetivo general y con cada uno de los objetivos específicos definidos para la investigación; generando una aprobación y aceptación del proyecto por parte de la empresa. Haciendo la salvedad de que hay que estudiar un poco más y buscar mejores estrategias en cuanto a la navegación entre pantallas, norma o estándares para los diseños en 2D y lograr que todos hablen un mismo idioma. Pero en general se cumple con los objetivos propuestos. El certificado de apoyo de la empresa OMNICON S.A. en el desarrollo del proyecto de grado, se encuentra en el Anexo N. La resolución de la aprobación del anteproyecto se adjunta en el Anexo O y el certificado de la aprobación de la tesis por parte de la empresa OMNICON se adjunta en el Anexo P.

4.5 DIFICULTADES ENCONTRADAS AL IMPLEMENTAR LA GUÍA PRÁCTICA, PARA INTERFACES HMI DE ALTO RENDIMIENTO EN EL CASO DE ESTUDIO. Las dificultades encontradas inicialmente partieron, de lograr diseñar el proceso en dos dimensiones, pues en ocasiones es limitante las herramientas que algunas normas o estándares internacionales proporcionan, lo que dificultaba un entendimiento o visualización clara del proceso. Además de las dimensiones de pantalla, que limitan la correcta presentación de un equipo y que al incluir las tendencias e interlocks se crean pequeñas confusiones. Al tener pantallas con el nuevo diseño, crea dificultad para diferenciar los elementos presentes en el proceso, ya que se solía definir mediante colores llamativos, por ende es necesario conocer muy bien el proceso antes de diseñarlo y ejecutarlo.

Respecto al proceso asignado por la empresa, se recibió información que fue de gran ayuda pero se requerían datos adicionales que no pudieron ser conocidos, lo que conllevó a hacer suposiciones en cuanto al tipo de válvulas, tanques, flujo de proceso, equipos como picadora y desfibradora, tanques de agua y tamizado. Pero a pesar de las dificultades se logró crear una interfaz, que cumple con los cuatro niveles de pantallas para un Alto Rendimiento, uso de los doce colores, texto adecuado, fondos que permiten detectar fácilmente anomalías y anticiparse a eventualidades no deseables. Es por esto que se llega a la conclusión, de que la guía puede ser aplicable en la industria, para mejorar el diseño actual de las interfaces HMI y darles un Alto Rendimiento.

La dificultad que más se resalta es la de validar en campo, la guía propuesta para las interfaces HMI de Alto Rendimiento.

5. CONCLUSIONES

5.1 Con la ejecución de la guía práctica propuesta, se logra diseñar interfaces HMI que minimicen errores, en cuanto al conocimiento oportuno de estados indeseables en la planta, detectar alarmas más fácilmente y priorizarlas; contribuyendo a un buen mantenimiento de la planta, pues es mejor ejecutar uno preventivo que correctivo. Ahorrando de esta manera costos de mantenimiento, de cambio de equipos y desperdicio de materiales.

5.2 Es importante y trascendental acompañar la guía propuesta, con lo contemplado en los estándares ISA 88, ISA 95, ISA 5 e ISA 18. Logrando una consistencia en la propuesta, diseño de equipos como tal e intercambio de información entre el sistema y el operario.

5.3 Se hace necesario complementar los conocimientos brindados en el desarrollo del software, capacitando más sobre este nuevo enfoque de Alto Rendimiento, pero también en el uso de tecnologías avanzadas para el sector industrial. Teniendo más conocimiento competitivo en el manejo de software, soluciones que mejoren la efectividad de un sistema y como migrar pantallas hacia un Alto Rendimiento.

5.4 Con la ejecución de este proyecto se ha desarrollado una guía práctica para interfaces hombre-máquina HMI de alto rendimiento, que permite definir requisitos que se acoplan a las necesidades detectadas y requeridas del proceso. Proporcionando una interacción directa con el operador, mediante la jerarquía de pantallas y la información adicional de las ventanas emergentes. Reduciendo al mínimo los inconvenientes de visualización de situaciones anormales, actuando de manera más rápida, gracias a la correcta atención que brinda la dirección de alarmas, tendencias e indicadores. De esta manera evitar el estrés y los distractores ocasionados por un mal diseño.

5.5 Se identificó las condiciones de diseño e implementación, que actualmente se requieren para el desarrollo y la funcionalidad de interfaces HMI de alto rendimiento.

5.6 Se realizó una conceptualización de los criterios técnicos y tecnológicos relevantes para la especificación de HMI de alto rendimiento, obteniendo una visión detallada y explicativa de los requisitos definidos, en relación a su funcionamiento. De acuerdo al estudio realizado, se cumplen con los lineamientos para llegar a un desarrollo apropiado, además de analizar la importancia, de que exista una buena relación entre la ingeniería, el diseño, la sala de control, la ergonomía y así trabajar con un mismo enfoque y obtener un sistema eficiente.

5.7 Se logró elaborar una guía práctica, sobre los procedimientos para implementar Interfaces HMI de alto rendimiento y definir la mayoría de elementos con los que cuenta la interfaz HMI, tales como la instrumentación, el uso de color, el uso de texto, tendencias, librerías para diseñar y programar gráficas.

5.8 La navegación ejecutada en la parte de validación en el software, permite asignar más operaciones en el proceso y con los objetos globales, direccionarse a los faceplates, dando más información del proceso, apoyándose de las fases de metodología, para la generación de una adecuada implementación.

5.9 La validación de la guía en la empresa fue vital, pues al contar con un proceso real, se logró caracterizar más fácilmente las definiciones establecidas y al elegir el software *FactoryTalkView Site Edition*, permite la generación de diversas funciones, garantizando el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía propuesta. De igual manera al darle a conocer a ingenieros y estudiantes, mediante encuestas sobre el nuevo enfoque de Alto Rendimiento, se comprobó la gran utilidad que ésta puede traerá a la empresa y su preferencia al emplear menos detalles, permitir una percepción oportuna de alarmas y de condiciones no deseables.

5.10 El uso de “tags” en el diseño y programación de las interfaces son indispensables, pues al enlazarlas, permiten plantear parámetros claros y precisos, logrando configurar cambios y manipular adecuadamente objetos globales, sin necesidad de hacerlo objeto por objeto.

5.11 Los trabajos futuros recomendados partiendo de esta guía, es la creación de “Faceplates” que cumplan con todos los principios de Alto Rendimiento, determinar un contenido más relevante y dar un adecuado uso al color, imágenes, condiciones y requerimientos del usuario. Por otro lado, se puede estudiar en profundidad todo lo relacionado con las alarmas e intentar conceptualizar criterios para definir un margen, que se pueda acoplar a los sin números de procesos que existen en la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bill Hollifield, Dana Oliver, Ian Nimmo and Eddie Habib, «The High Performance HMI Handbook,» Houston, United States, PAS, 2008.
- [2] Alejandro Cedillo Martínez, «Estudio para la aplicación de prácticas del laboratorio de procesos automatizados e integrados por computadora (LPAIC),» Tesis de Pregrado en Ingeniería en Robótica Industrial, Instituto Politécnico Nacional – Escuela Superior de Ingeniería, Mecánica y Eléctrica. Unidad Profesional Azcapotzalco, México, DF, 2008.
- [3] Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong and Verplank, «ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction,» 1992-1996. [Online]. Available: <http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html>
- [4] Cesar Collazos, «Interacción Humano Computador en Colombia: Retos y Oportunidades,» Presentado en la I Jornada Iberoamericana de Interacción Humano Computador, Popayán, Colombia, 2014.
- [5] «Sociedad Colombiana de Computación,» 2014. [Online]. Available: <http://www.sco2.org/>
- [6] EEMUA, «News - EEMUA,» [Online]. Available: <http://www.eemua.org/News.aspx?page=2>
- [7] Sandra Paulina Valencia Aguilar, «Guía metodológica para diseño de interfaces de usuario para control y supervisión de procesos industriales – Definición GUI,» Tesis de Pregrado en Ingeniería de Control, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2012.
- [8] JAVA, «Definición de JAVA,» [Online]. Available: <http://definicion.de/java/>
- [9] Antonio Albanés, «Interfaz gráfica de usuario,» Noviembre, 2009. [Online]. Available: <http://es.slideshare.net/aalbanes/clase2-2>
- [10] Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo, «Guía técnica – Evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización,» [Online]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/pantallas.pdf>
- [11] Área de prevención de riesgos laborales, CSIC, «Manual de buenas prácticas en trabajos con pantallas de visualización de datos,» [Online]. Available: http://www.ispsic.es/prevencion/Documentos/manuales/manual_pvd.pdf
- [12] «Introducción a HMI (Interfaz Humano – Máquina),» [Online]. Available: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

- [13] «Micro – Automatización y control,» [Online]. Available: http://www.microautomacion.com/catalogo/10_Automatizacin_y_control.pdf
- [14] Fabián Tulcan, «Diseño de interfaces HMI – Manufactura integrada por computadora,» Mayo 2014. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=aUueXG_eTRo
- [15] P. Ponsa, A. Granollers, Universitat Politècnica de Catalunya, «Diseño de pantalla – Máster en interacción Persona - Ordenador,» [Online]. Available: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/pantalla.pdf>
- [16] Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, «Documento Técnico - Diseño de plantas, señalización y demarcación de áreas,» [Online]. Available: http://gavilan.uis.edu.co/~garavito/docencia/ asignatura5/pdfs/SEN_Y_DEM_AREAS.pdf
- [17] Acuité, «Human Machine Interface Standars: A critical review and help for users,» 2012. [Online]. Available: http://www.acuite.com/sites/default/files/HMI%20Standards%20Review_Aug2012.pdf
- [18] J. Quintero, H. Cuicas, «Símbolos gráficos para el despliegue de procesos Norma ANSI / ISA-S5.5-1985,» [Online]. Available: http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oscaror/CursosDictados/Sobre%20el%20Blog%20Arturo%20Rondon/ISA%20S55%20presentacion_PDF.pdf
- [19] Microsoft, «Cloud Platform, SQL Server,» [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/es-es/server-cloud/products/sql-server/>
- [20] «Que es Oracle,» [Online]. Available: <http://www.gridmorelos.uaem.mx/~mcruz/cursos/miic/oracle.pdf>
- [21] GBM, «Historia de IBM,» [Online]. Available: <http://www.gbm.net/sobre-gbm/historia-de-ibm.html>
- [22] Diccionario de informática y tecnología, «Definición de almacenamiento de bases de datos,» [Online]. Available: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/almacenamiento%20de%20bases%20de%20datos.php>
- [23] Bill Hollifield, «A High Performance HMI: Better Graphics for Operations Effectiveness,» Orlando, Florida, USA, August 7-9, 2012. [Online]. Available: http://isawwsymposium.com/wp-content/uploads/2012/07/WWAC2012-invited_BillHollified_HighPerformanceHMIs_paper.pdf
- [24] ANSI / ISA, «Understanding and Applying the ANSI / ISA 18.2 Alarm Management Standard,» [Online]. Available: <https://www.isa.org/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=123313>
- [25] G. Lehmann, M. Wilkins, «ISA 101 HMI standard nears completion - The end of a

- challenging windy road,» [Online]. Available: <https://www.isa.org/intech/20140805/>
- [26] B. Fitzpatrick, Wood Group Mistang, MESA INTERNATIONAL (Manufacturing Enterprise Solutions Association), «ISA 101 and HMI Workshop,» 2012. [Online]. Available: <http://blog.consultorartesano.com/2009/03/5-modelos-mentales-trabajo.html>
- [27] Pere Ponsa, Marta Díaz, Andreu Catalá, «Creación de guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión,» [Online]. Available: <http://aipo.es/articulos/4/4.pdf>
- [28] EEMUA, «EEMUA PUB NO 201,» [Online]. Available: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?&item_s_key=00403959
- [29] Nasa Ames Research Center, NASA Human Measures and Performance Project, «Using color in information display graphics,» [Online]. Available: <http://colorusage.arc.nasa.gov/index.php>
- [30] OPTO 22 and GROOV, «Building an HMI that Works: New Best Practices for Operator Interface Design,» 2013 - 2014. [Online]. Available: http://www.opto22.com/documents/2061_High_Performance_HMI_white_paper.pdf
- [31] D. Vernon, P. Bullemer, «An Introduction to the ASM Guidelines Effective Operator Display Design - ASM Consortium Proprietary,» 2009. [Online]. Available: <https://www.asmconsortium.net/Documents/2009%20ASM%20Displays%20GL%20Webinar%20v014.pdf>
- [32] IASTED, «The 18th IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling - ASM 2009,» 2009. [Online]. Available: <http://www.iasted.org/conferences/pastinfo-682.html>
- [33] Ian Nimmo, «Abnormal Situation Awareness - The Need for Good Situation Awareness,» 2004. [Online]. Available: <http://www.mycontrolroom.com/download-pages/situational-awareness-documents>
- [34] Wootrix, Industrial Automation, «High Performance HMI Hurdle,» [Online]. Available: <http://wootrix.com/blog/2014/03/13/high-performance-hmi-hurdle/>
- [35] Jeanine Katzel, «Information system: The evolution HMI,» January 01, 2012. [Online]. Available: <http://www.controleng.com/single-article/information-systems-the-evolution-of-the-hmi/d643c1d8644f73884df2c0827cb31f38.html>
- [36] Mark Carrigan, PAS, Rockwell Automation Process Solutions User Group (PSUG), «The High Performance HMI – Proper Graphics for Operator Effectiveness,» November 14 - 15, 2011. [Online]. Available: http://www.rockwellautomation.com/resources/downloads/rockwellautomation/pdf/event_s/automation-fair/2011/psug/afpsug11_ed09.pdf

- [37] Bill Hollifield, ISA Publications «The High Performance HMI – Process Graphics to maximize operator effectiveness» November – December, 2012. [Online]. Available: <https://www.isa.org/standards-publications/isa-publications/intech-magazine/2012/december/system-integration-the-high-performance-hmi/>
- [38] Luciano Moreno, «Teoría del color. La percepción del color,» [Online]. Available: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1450.php>
- [39] Universidad Complutense Madrid, Dirección del Servicio de Prevención de riesgos laborales y medicina del trabajo, MAPFRE, «Curso de prevención de riesgos laborales en pantallas de visualización de datos (PVD's),» [Online]. Available: <http://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-18-0-PREVENCI%C3%93N%20DE%20RIESGOS%20LABORALES%20EN%20PANTALLAS%20DE%20VISUALIZACI%C3%93N%20DE%20DATOS.pdf>
- [40] Aquilindo Rodriguez Pinin, Marcomo, «Sistemas SCADA,» [Online]. Available: <http://books.google.es/books?id=32kgCNG34TwC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [41] B. Hollifield, H. Perez, PAS, «High Performance Graphics to maximize operator effectiveness – Version 2.0: Including a major case study» 2012. [Online]. Available: <https://www.isa.org/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=123333>
- [42] PromonegocioS, «Concepto de Organización,» Octubre 2007. [Online]. Available: <http://www.promonegocios.net/empresa/concepto-organizacion.html>
- [43] PLC – SCADA – HMI, «Interfa Hombre Máquina,» [Online]. Available: <http://plc-hmi-scadas.com/HMI/>
- [44] Rockwell Automation, Software, «Factory Talk View ME,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-view-me.page>
- [45] Rockwell Automation, Software, «Factory Talk View SE,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-view-se.page?>
- [46] Rockwell Automation, Software, «Factory Talk View ViewPoint,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-viewpoint.page?>
- [47] Rockwell Automation, Software, «RsView 32,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/rsview32.page>
- [48] Schneider Electric, Software, «Wonderware InTouch,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/intouch/>

- [49] Schneider Electric, Software, «Web HMI and Mobile SCADA: Wonderware InTouch Access Anywhere,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/intouch-access-anywhere/>
- [50] Schneider Electric, Software, «Wonderware InTouch Machine Edition,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/intouch-machine-edition/>
- [51] Schneider Electric, Software, «Wonderware System Platform,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/system-platform/>
- [52] Schneider Electric, Software, «Wonderware Device Integration Servers,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/device-integration-servers/>
- [53] Schneider Electric, Software, «Wonderware Toolkits,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/toolkits/>
- [54] Schneider Electric, Software, «Industrial Computers : Intouch Panel PC,» [Online]. Available: <http://software.invensys.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/industrial-computers/>
- [55] Christian Nieves Grondona, «Automatización Industrial - AIS7201 – Sesión 9 Human machine Interface,» [Online]. Available: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gUhJWr64WrYJ:www.cec.u-chile.cl/~cnievas/Docencia/DUOC/AI/AI_C9.ppt+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
- [56] Oscar Amaury Rojas, «Metodología para la automatización de procesos de producción,» [diapositivas]. Universidad del Cauca, Modelado de sistemas de producción. Ingeniería en Automática Industrial.
- [57] Dayana Duffus Miranda, Gestipolis, «Estudio integral de factibilidad de proyectos de inversión,» Noviembre 2007. [online]. Available: <http://www.gestipolis.com/estudio-integral-de-factibilidad-de-proyectos-de-inversion/>
- [58] Hernán Durán de la Fuente, «Políticas ambientales y desarrollo sustentable,» [Online]. Available: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/4496/duran.htm>
- [59] Apuntes de ingeniería, «Ingeniería de detalle – Tema 4,» [Online]. Available: http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/11566/mod_resource/content/1/Tema%204.%20Ingenier%C3%ADa%20de%20detalle.pdf
- [60] Oscar Amaury Rojas, «Modelo físico, de proceso y de control de procedimiento,» [diapositivas]. Universidad del Cauca, Proyecto de Automatización I, Ingeniería en Automática Industrial.
- [61] Oscar Amaury Rojas, «Modelo de materiales y equipos, de segmentos de proceso y definición de producto,» [diapositivas]. Universidad del Cauca, Proyecto de

Automatización II, Ingeniería en Automática Industrial

- [62] L. Muñoz, F. Vidal, O. Rojas, «Principios para la aplicación del estándar ISA S95,» Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia. Grupo de I+D en Automática Industrial.
- [63] Definición.de, «Definición de supervisión,» [Online]. Available: <http://definicion.de/supervision/>
- [64] P. Ponsa, A. Granollers, Universitat Politècnica de Catalunya, «Diseño y automatización industrial,» [Online]. Available: <http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>
- [65] International Resources Group (IRG) y el Centro Nacional de Producción, Tegucigalpa, Honduras, «Guía de producción más limpia, para el procesamiento de caña de azúcar,» 2009. [Online]. Available: <http://www.mirahonduras.org/pml/docs/GUIA%20DE%20P+L%20CANA%20AZUCAR.pdf>
- [66] Rockwell Automation, «FactoryTalk View Site Edition – Soluciones de visualización potentes y escalables,» [online]. Available: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/ftalk-pp013_-es-p.pdf
- [67] SIEMENS, «Totally integrated Automation Portal – TIA Portal,» [online]. Available: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/pages/default.aspx>
- [68] SIEMENS, «Totally Integrated Automation Portal – Un software común de ingeniería, para todas sus tareas de automatización – Answers for industry,» [online]. Available: http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_tia_portal_es.pdf
- [69] Rockwell Software, Rockwell Automation – Allen-Bradley, «Human Machine Interface,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/sites/rockwellsoftware/hmi.page>
- [70] Rockwell Software, Rockwell Automation – Allen-Bradley, «FactoryTalk View SE – Site Edition,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-view-se.page?#overview>
- [71] Rockwell Software, Rockwell Automation – Allen-Bradley, «FactoryTalk View ME – Machine Edition,» [Online]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-view-me.page?#overview>
- [72] Rockwell Software, Rockwell Automation – Allen-Bradley, «FactoryTalk ViewPoint,» [Online]. Available:

<http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-viewpoint.page?>

- [73] Rockwell Software, Rockwell Automation – Allen-Bradley, «RSView32,» [Online]. Available:
<http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/rsview32.page?#latest-releases>

- [74] Intelligent Platforms, General Electric, «HMI/SCADA Software,» [Online]. Available:
<http://www.geautomation.com/products/hmiscada-software?cid=geb2bproducts>

- [75] Intelligent Platforms, General Electric, «Proficy HMI/SCADA - iFIX,» [Online]. Available:
<http://www.geautomation.com/products/proficy-hmiscada-ifix>

- [76] Wonderware Spain, «Wonderware InTouch HMI,» [Online]. Available:
<http://www.wonderware.es/contents/WonderwareInTouchHMI.asp>