

# Elaboración De Un Sistema Centralizado De Información Que Contenga Todos Los Servidores, Personas Interesadas, Redes Y Ubicaciones De Sistemas Industriales De Las Plantas De Holcim En Norteamérica

Juan Andres Alzate Ocampo  
Facultad de Ingeniería Mecatrónica  
Universidad Santo Tomas

Coordinador de la Practica  
Ing. Camilo Andrés Tejada Ome

Director  
Ing. Cesar Hernando Valencia

Codirector  
Ing. Gloria Judith Palacio Osorio

**Abstract—** In the construction industry, the implementation of MES is done to ensure an effective execution of manufacturing operations and to improve production performance by collecting and processing accurate real-time data throughout the entire production life cycle. For this reason, the ADC company allowed the realization an internship related to the provision of support services in the IT area, and specifically in those related to the industrial applications that are used in all of Holcim's plants in North America. Through the application of knowledge in different areas, including automation, maintenance and programming, the main objective was the development of a centralized information system related to servers, locations and key users involved in the industrial systems environment, by including components of automation, programming and agile methodologies, all combined in the creation process of a complementary application that contributes to the efficiency of the support of industrial applications. Likewise, many different assigned tasks that were carried out such as the supervision of alerts and incidents and the documentation of troubleshooting procedures related to industrial application systems are shown.

**Index Terms—** Industrial Applications, Manufacturing Execution Systems, Automation, Optimization, Documentation.

## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria de la construcción ha tenido un crecimiento exponencial, en la medida en que debe apoyar un mundo en constante desarrollo económico, tecnológico y social. Esto se debe principalmente a que la construcción involucra a numerosos sectores de fabricación, como pueden ser, materiales de construcción (como el hormigón de cemento) y sistemas de construcción (como

calefacción, ventilación y aire acondicionado), así como de diversos sectores de servicios (por ejemplo, ingeniería, gestión de proyectos), lo que la convierte en una de las industrias más grandes de cualquier país, con una gran influencia en la economía mundial; dado que para el año 2007, generó aproximadamente 4.7 trillones de dólares aportando el 10% del PIB global [1].

Entre las diferentes empresas en este sector se encuentra el grupo Holcim (Anteriormente conocido como LafargeHolcim), líder mundial en producción de cemento, agregados, concreto premezclado, asfalto y en la prestación de servicios innovadores asociados a la construcción, infraestructura, distribución y venta minorista, petróleo y gas, vivienda de interés social, entre otros; la cual le apuesta a la transformación digital como parte de la industria 4.0, con lo que se espera generar valor a la compañía. Por tanto, se ha venido realizando un proceso de reestructuración de los servicios digitales de la compañía, la cual cuenta con una red de más de mil profesionales de TI de Holcim en todo el mundo que respaldan y habilitan las operaciones comerciales y los objetivos estratégicos al proporcionar resultados confiables, eficiencia e innovación en sus necesidades de tecnología e innovación digital.

Es así como a partir del año 2020, la compañía optó por integrar la prestación de soporte local y de planta, por medio de la creación del Americas Digital Center (ADC), empresa cuyo centro de operaciones está radicado en Colombia que se encarga de los servicios del usuario final, incluidas las instalaciones en el sitio y el soporte de la planta; desde la gestión de las aplicaciones finales y los sistemas operativos, hasta garantizar que las redes de la planta y la infraestructura general en el sitio

funcionen como se espera para permitir las operaciones comerciales, brindando asistencia tanto a Norteamérica como a América Latina. [2]

El grupo Manufacturing & Industrial Systems presta constante asistencia a las aplicaciones industriales utilizadas en las diferentes plantas de Holcim en Norteamérica y se ve en la necesidad de simplificar y centralizar la información relacionada que incluya tanto los servidores como las personas interesadas, las redes y ubicaciones de los sistemas industriales de las plantas.

Por esa razón, el presente proyecto va encaminado a establecer un sistema que permita optimizar la información pertinente para reducir los tiempos de búsqueda y mejorar así la eficiencia en la respuesta a las problemáticas relacionadas con las aplicaciones industriales de la empresa, permitiendo así a la gerencia y demás interesados realizar un análisis en cualquier momento frente a los diversos sucesos que puedan presentarse y que afecten los procesos productivos o la calidad del servicio de alguna región de Norteamérica y distinguir correctamente los elementos que se verían afectados, con información precisa y actualizada, tanto a nivel de redes y sistemas como de contactos de las plantas y personas encargadas. Así como también, se muestran detalles de la intervención en diferentes procedimientos realizada para optimizar los servicios de soporte en el área de IT.

## II. APLICACIONES INDUSTRIALES

Uno de los aspectos fundamentales de la práctica realizada consta del entendimiento y la identificación de las aplicaciones industriales, ya que forman parte del día a día de las labores realizadas en ADC.

### A. Reconocimiento de la funcionalidad de las aplicaciones industriales

En el ámbito de las grandes industrias, el intercambio de información entre los procesos productivos (la base de toda industria) y la planificación comercial (incluida la jerarquía de nivel gerencial) así como todos los procesos de logística, se logra a través de la desarrollo de arquitecturas industriales basadas en datos. Es en este sentido, que surge la pirámide de la automatización (Figura 1), la cual funciona como un estándar internacional de la Sociedad Internacional de Automatización para entregar esta interfaz en cinco capas como se menciona en el marco de la ISA-95 [3].

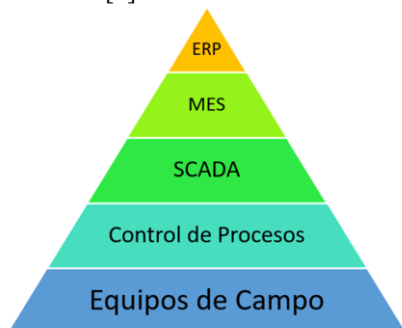


Figura 1 Pirámide de la automatización.

En medio de este estándar, se puede observar que los procesos de manufactura requieren de diversos sensores y actuadores, los cuales, mediante los sistemas de control, se encuentran fuertemente ligados a los sistemas informáticos que a su vez permiten la recolección de datos y retroalimentan las condiciones del proceso automáticamente. De estos últimos se pueden destacar especialmente a los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), los cuales consisten en una arquitectura estándar de supervisión en sistema de control y red para comunicaciones, intercambio y adquisición de datos entre los controladores, como los PLC (lógica programable Controlador), los dispositivos de campo (sensores y actuadores) y las interfaces hombre-máquina distribuidas (HMI). [4]

Así mismo, los sistemas MES (Manufacturing Execution Systems) son de gran importancia para la industria, ya que se utilizan para rastrear, analizar e informar en tiempo real todas las transformaciones que ocurren en el proceso de producción, desde la materia prima hasta el producto terminado. Al mismo tiempo, se pueden utilizar para almacenar datos y realizar procesos estadísticos que desarrollan adecuadamente la inteligencia de negocio, así como también, permiten colaborar con sistemas inteligentes de apoyo en la toma de decisiones. [5]

Sin embargo, a pesar de la estrecha relación que existe entre las tecnologías mencionadas, resulta pertinente resaltar la importante división que se puede encontrar de estos sistemas y arquitecturas que permiten el correcto funcionamiento de cualquier industria, estos son: los sistemas de IT (Tecnologías de la información) y los sistemas de OT (Tecnología Operacional). Los primeros son los encargados de gestionar, optimizar y proteger la infraestructura de IT es decir desde la parte superior de la pirámide, incluyendo los informes financieros y aplicaciones de procesos de negocio; mientras tanto, en OT se gestiona, controla y optimiza los activos, la producción, la operación y el proceso de mantenimiento. [6]

Por otro lado, los recientes cambios traídos por las nuevas tecnologías como la computación en la nube, las redes neuronales y el IoT (Internet of Things) han dado cabida a la aparición de nuevos desafíos que permitan fusionar los dos dominios y que de esta manera converjan como una integración entre las ganancias en tiempo real hacia el negocio en muchas industrias [7]. Es así como surgen las aplicaciones industriales, las cuales permiten una conexión intrínseca entre los sistemas SCADA y los sistemas MES, sirviendo como un intermediario entre ambos sistemas para compartir información de manera bidireccional y gestionar así los cambios o reestructuración necesarios en base a los requerimientos tanto del sector de negocios ERP como de las necesidades en campo.

### B. Reconocimiento de arquitecturas de red

El reconocimiento de las arquitecturas de red implementadas en cada una de las plantas resulta en una mejora considerable a la hora de brindar soporte a sus respectivos servidores, puesto que al identificar los niveles de jerarquía y la zona en la red en la que se encuentra cada dispositivo se puede reconocer de manera eficiente la raíz de los errores que se generan y

desarrollar la respectiva solución de cada uno de problemas encontrados.

En la Figura 2 se puede observar el diagrama de arquitectura de red obtenido a partir de las plantas de cemento y las estaciones de triturado de agregados, en donde se identificaron tres casos posibles de jerarquía partiendo desde la red de negocios ubicada en servidores en la nube, hasta la red de procesos pasando por la DMZ (Zona desmilitarizada) e incluyendo la vía de transmisión de información entre cada uno de los servidores.

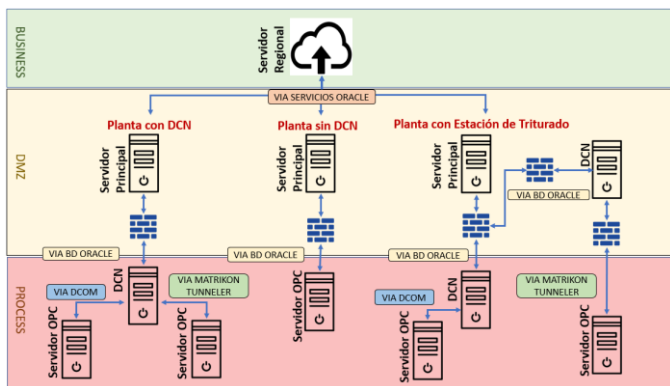


Figura 2 Arquitectura General de Red en Aplicaciones Industriales.

Es pertinente resaltar que el flujo de la información se hace principalmente desde los servidores OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control), que a su vez reciben información directa de los sistemas SCADA; sin embargo, el soporte brindado por el equipo de aplicaciones industriales no incluye ninguna intervención en los servidores OT. Por esta razón, si se genera algún incidente en este sector, únicamente se tiene en consideración para realizar el diagnóstico de errores o la reactivación de los servicios que se hayan podido ver afectados en el área de IT.

### III. MANTENIMIENTO DE SERVICIOS INFORMÁTICOS

En los últimos años, el mantenimiento ha adquirido una valor significativo para las diversas industrias, y el área de IT para el sector de la producción de materiales de construcción no es la excepción, debido al aumento de la complejidad de las interacciones entre las diferentes actividades de producción y la implementación de nuevas tecnologías que se integran al entorno de fabricación.

En este caso, se tuvieron en cuenta dos aspectos fundamentales del mantenimiento: el componente correctivo, el cual ocurre cuando se detecta la falla, o se encuentran indicios; y el componente preventivo, que utiliza la información y conocimientos disponibles basados en un análisis a lo largo del tiempo para informar de posibles fallas, antes de que se presenten por inactividad [8]. En las secciones presentadas a continuación, se muestran las diferentes labores de mantenimiento realizadas durante la pasantía.

#### A. Configuración de Alarmas

La corrección de errores es primordial en el mantenimiento de las aplicaciones industriales, por lo que el de poder detectar cuando se produce un fallo en alguno de los servidores es un aspecto que resulta importante, para lograr así solucionarlos de manera oportuna; ya que aun con un DCN (Data Collector Node) funcionando como almacenamiento y respaldo de datos, si el flujo de información no alcanza dicho elemento o no sale del mismo hacia el servidor principal esto puede generar pérdidas de datos que impactan al nivel de logística y gerencial.

Por tal motivo, las alarmas automáticas juegan un papel importante en el soporte brindado a los sistemas de IT, ya que permiten identificar de manera efectiva el origen y en algunos casos la causa principal de los incidentes que se generan. En el caso de los servidores principales, ya existen alarmas destinadas a detectar el retraso de la actualización de datos, puesto que se ejecutan de manera periódica y son fácilmente identificables. No obstante, para los servidores que se encuentran en las plantas de producción, no existía ninguna opción para saber de manera oportuna si la falla proviene de este nivel, por esta razón se realizó un procedimiento para configurar alarmas que permiten reconocer la causa raíz proviene de este sector de la red.

En el caso de los servidores OPC es necesario entender que utilizan un enfoque típico cliente-servidor para acceder a los datos, la información se obtiene del dispositivo disponible desde varias interfaces interconectadas, y luego el cliente consume esta información conectándolo al servidor OPC [9]. De esta manera, se accede a las señales utilizando los estándares DA (Data Access) y FDA (Fast DA) las cuales se organizan en los nodos mediante la configuración de canales, que actúan como agrupaciones de señales y estos a su vez se agrupan en grupos de canales, que se implementan en la recepción de datos.

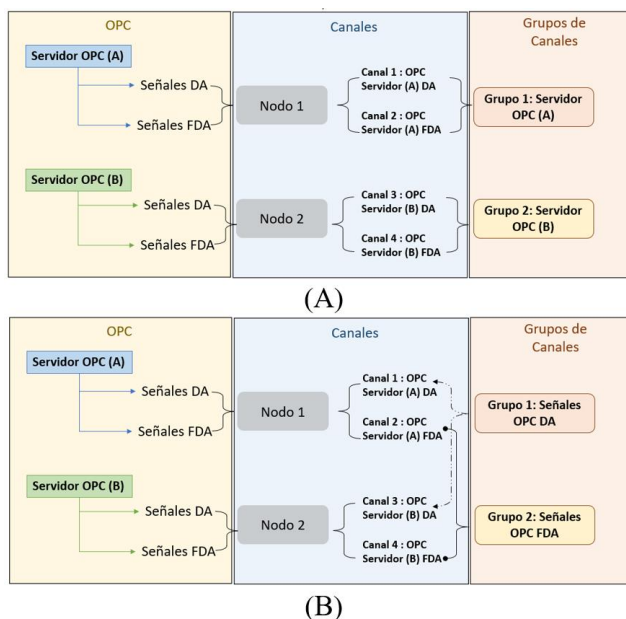


Figura 3 Configuración de Grupos de Canales en Servidores OPC.

En la Figura 3 se pueden observar las principales configuraciones encontradas en la comunicación de los servidores OPC con el servidor principal de las aplicaciones industriales, las cuales se deben tener en cuenta al momento de configurar las alarmas de falla en la conexión. Para el caso (A) debido a que los grupos de canales están diferenciados por servidor OPC, la configuración de eventos y alarmas se puede hacer de manera independiente; sin embargo, en el caso (B) cada grupo de señales comparte canales provenientes de ambos servidores, por esta razón se prioriza el grupo con el estándar de DA, ya que el estándar FDA maneja señales a frecuencias de actualización demasiado altas para la adecuada configuración de las alertas.

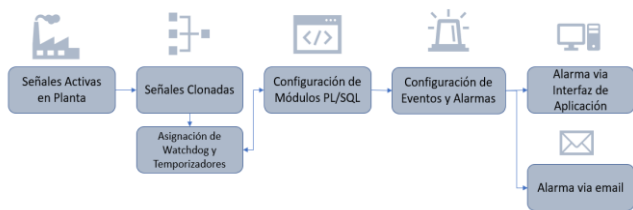


Figura 4 Diagrama de Configuración de Alertas para Servidores OPC

Un claro ejemplo de la configuración de las alertas realizada en cada servidor es el procedimiento ilustrado en la Figura 4, con el que se pretende determinar fallos en la conexión hacia o los servidores OPC o dentro de los mismos, el cual se explica brevemente a continuación. En primer lugar, se realizó la configuración de tres o más señales clon que funcionarían como variables redundantes recibiendo los valores reales de las señales en planta. Una vez configuradas a cada señal se le asignó un watchdog y un temporizador cuyo propósito sería determinar si para un tiempo determinado, su valor se estanca en algún valor, para lo cual, se estableció mediante un script en módulo PL/SQL una función para comparar las señales y verificar si han excedido el tiempo límite sin recibir cambios, y de ser así para todas las señales, se dispara el evento que envía las alarmas tanto a la interfaz del aplicativo como al grupo de email designado para el equipo de sistemas industriales.

### B. Mejora de herramientas de soporte

Dentro del soporte realizado en las aplicaciones industriales, existen diversas herramientas que se implementan en los procedimientos de corrección y solución de incidentes, entre las cuales se encontraron algunas desarrolladas dentro del entorno del sistema operativo Windows utilizado por la gran mayoría de los servidores mediante, y que se ejecutan mediante la implementación de servicios y scripts realizados en archivos batch (con la extensión ".bat"), los cuales son archivos que contienen una serie de comandos de DOS que ejecuta el intérprete de línea de comandos, y pueden ser almacenados en un texto sin formato [10].

En primera instancia, se mejoró un aplicativo que permite identificar todos los servidores listados para determinar su estado actual, es decir, que permite conocer si se encuentran

funcionando con normalidad o si no es posible acceder a los mismos independiente de las causas de los mismos. Esta herramienta resulta útil cuando se quiere corroborar que la causa raíz de alguna problemática no sea la caída de los servidores; que se presentan generalmente por apagones en planta, averías de hardware o problemas en la red. Sin embargo, al ejecutar esta herramienta se debían ingresar manualmente los datos como la dirección IP o el dominio, y solo permitía consultar los servidores individualmente.

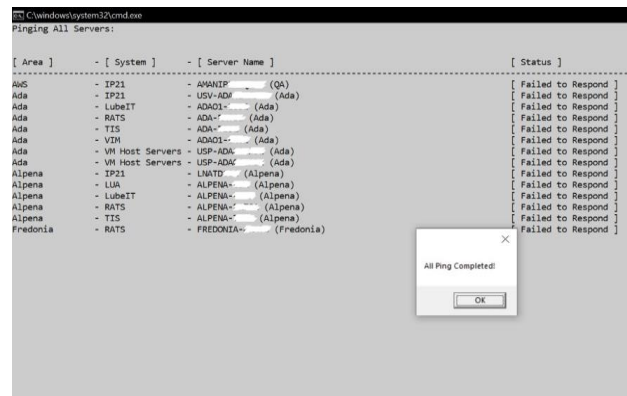


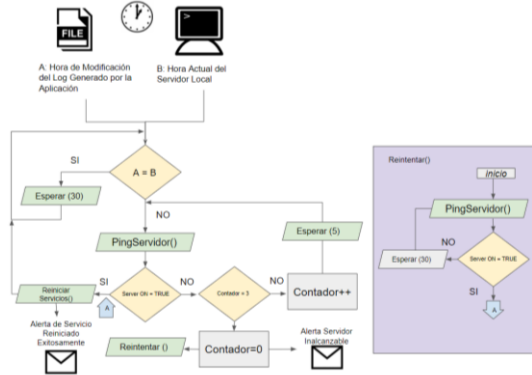
Figura 5 Aplicativo en Batch (Para Detección de servidores caídos) Funcionando

Por esta razón, se realizó una intervención para mejorar el script existente, implementando un archivo ".csv" (Valores separados por comas) que contuviera la información de todos los servidores, de tal forma que los datos son leídos automáticamente. Una vez ejecutado, se consulta el listado completo realizando ping a cada servidor de tres a cuatro veces y dependiendo del resultado se despliega la información en pantalla, indicando así cuando múltiples servidores se encuentran caídos o con fallas en la respuesta, como se muestra en la Figura 5; además se incluyó la posibilidad de mantener el algoritmo funcionando en bucle si el usuario define la frecuencia y la cantidad de veces que requiera que el archivo se ejecute.

Otra de las mejoras realizadas consistió en el desarrollo de un algoritmo de ejecución automática que permita reiniciar los servicios de comunicación dentro de los servidores en los que se encuentre activo. Existen diferentes factores por los que resulta necesario volver a iniciar algún servicio de Windows o tarea que se está ejecutando, pero en el caso de esta herramienta el propósito es solucionar los problemas ocasionados cuando el mal funcionamiento del servicio de conexión entre los servidores principales y regionales provoca que los datos no sean recibidos y se genere acumulación de datos en cola.

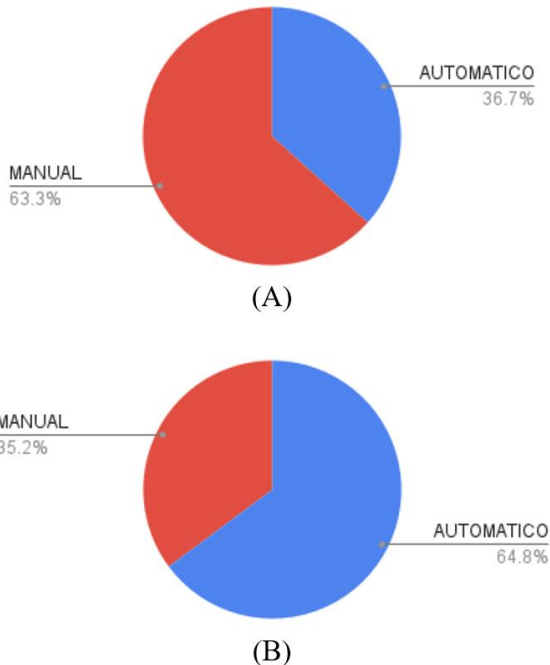
Como se observa en la Figura 6, el funcionamiento de esta herramienta consiste en consultar si la fecha de actualización del registro generado por la aplicación industrial coincide con la fecha actual del servidor local, con una periodicidad aproximada de treinta minutos. En caso de que no se cumpla esta condición, se realiza ping para verificar que el servidor está activo y se reinicia el servicio de envío de datos, para

posteriormente verificar si el registro fue actualizado y de ser así, se envía una alerta de confirmación vía email. Por el contrario, si el sistema no consigue conectar después de tres intentos en los próximos quince minutos, se procede a enviar un correo automático indicando que el servidor es inalcanzable en ese momento y seguirá intentando reiniciar el servicio cada media hora hasta que este vuelva a conectar y se cumplan las condiciones mencionadas anteriormente.



**Figura 6 Diagrama de funcionamiento del algoritmo de reinicio de servicios de conectividad**

En la Figura 7 se muestra un diagrama circular en el que se puede observar el porcentaje equivalente a las veces que se ha reiniciado los servicios de manera automática o con intervención manual para un intervalo de tiempo de tres meses antes y después de la implementación del algoritmo desarrollado.



**Figura 7 Diagrama de Reinicio de Servicios de Conectividad Antes (A) y Después (B) De La Implementación Del Algoritmo De Mantenimiento**

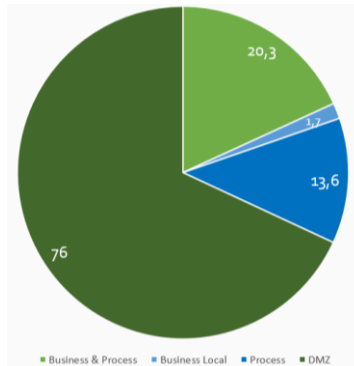
A partir de estos diagramas es dable destacar que hubo una mejoría considerable en la cantidad de veces que se realizaron intervenciones manuales, lo que indica una aumento en la eficiencia del soporte de incidentes relacionados con problemas en los servicios de conectividad en los servidores, y que a la vez

términos de negocio se traduce en una reducción del tiempo y los costos relacionados con la solución de esta problemática.

**C. Análisis de seguridad y obsolescencia de OS**

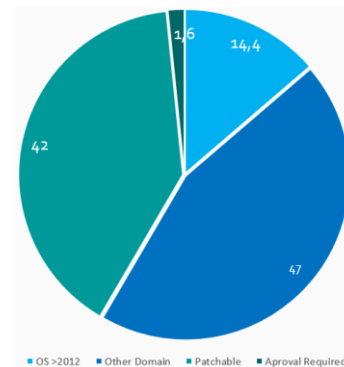
Las actualizaciones de software son uno de los componentes esenciales en el manejo de sistemas informáticos, ya que se encargan de instalar mejoras en el funcionamiento y en la seguridad del OS (Sistema Operativo). Siendo este último un aspecto crítico, ya que de no aplicar los parches de seguridad para corregir las vulnerabilidades encontradas el dispositivo, o servidor en este caso, permanece indefenso frente a un número creciente de ataques lo que podría comprometer la confidencialidad, integridad o disponibilidad de los datos de usuario, datos de variables de proceso o afectar los recursos de procesamiento del equipo.

Por esta razón se realizó un análisis de la obsolescencia del OS, así como de los recursos de hardware disponibles y la última fecha de actualización de estos equipos, y de esta manera determinar las acciones necesarias para cada uno de los elementos encontrados. Los resultados del análisis permitieron obtener el diagrama de la Figura 8, en el cual se logra identificar que la zona con mayor impacto es la DMZ, ya que es en la que se encuentran localizados la mayoría de los servidores implementados.



**Figura 8 Localización en Zona de Red por Servidor**

De manera similar, en el diagrama de la Figura 9 se pudo observar que el 35.6% de los servidores podían ser actualizados por el equipo de aplicaciones industriales, mientras que el 50% requiere intervención de otros equipos de IT y un 14.4% requieren actualización de OS.



**Figura 9 Identificación de servidores a los que se puede aplicar actualizaciones de seguridad**

A partir de esta información se procedió a realizar la solicitud de mejora y actualización de los servidores, lo que permitiría implementar un plan de actualización de seguridad coordinado con las plantas y los demás equipos de IT relacionados.

#### D. Documentación

La documentación es una herramienta que permite ilustrar procedimientos y registrar todos sus pasos, de manera que todas aquel que se encargue de efectuarlos tenga información completa respecto a todos los requerimientos, los detalles de ejecución para cada situación allí presentada. El tiempo invertido en documentar procesos se refleja notablemente en la optimización de tiempo y recursos, ya que cada vez que nuevas personas que se incorporen al equipo de trabajo y realicen procedimientos de soporte, pueden consultar y asimilar el manual de procedimientos, con una menor intervención de miembros más experimentados del personal.

Con el objetivo de facilitar la realización de procedimientos de solución de los diversos problemas que se generan en el área de soporte IT, se optó por realizar un compilado de manuales para cada uno de los incidentes resueltos en el transcurso de la práctica, por medio de la asesoría brindada por los especialistas en las intervenciones realizadas y anexando recursos visuales como fotografías o videos con los que se pretende mejorar la eficiencia en el flujo de trabajo.

### IV. PROTOTIPO DE APLICATIVO COMO SISTEMA CENTRALIZADO

El eje central del desarrollo de la practica empresarial consistió en el desarrollo de un sistema centralizado de información que contenga todos los datos relacionados con los diferentes dispositivos implementados por cada planta a lo largo de los Estados Unidos y Canadá.

#### A. Conceptualización

Para desarrollar este sistema se propuso implementar un aplicativo que permita a los usuarios finales consultar e ingresar información, así como mantener un registro visual de cuales aplicaciones industriales se utilizan en cada una las instalaciones físicas, ya sea por parte de los sistemas de control o de los mismos operarios de manera manual.

El diagrama de funcionamiento del prototipo se muestra a continuación (Figura 10).

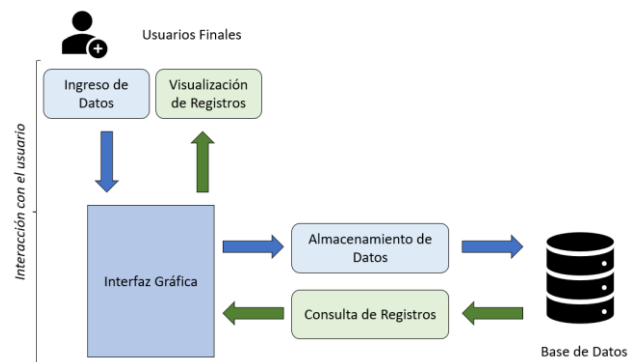


Figura 10 Conceptualización del Aplicativo

#### B. Recolección de datos

En primer lugar, se estableció un estándar de recolección de datos pertinentes basado en todos los detalles que se requiere conocer por cada servidor existente que sea soportado por el equipo de aplicaciones industriales, como el que se muestra en la Tabla 1. Una vez definido se procedió a recopilar la información mediante la interacción con los especialistas en cada aplicación industrial y los encargados del área de automatización en cada una de las plantas, permitiendo así consolidar la base de datos.

#### C. Programación

Debido a que la compañía incentiva el uso de las tecnologías disponibles en la Suite de Google (Google Workspace), se optó por desarrollar el aplicativo implementando las herramientas encontradas en la misma, ya que no solo permite utilizar recursos de acceso libre (Open Source) sino que también brinda la funcionalidad del almacenamiento en la nube y permite restringir el acceso únicamente a los usuarios finales de la herramienta mediante las cuentas empresariales de la compañía.

Es así como se decidió implementar Google Apps Script, la cual es una plataforma de desarrollo de aplicaciones rápido que agiliza y facilita la creación de aplicaciones comerciales que se integran con Google Workspace [11]. Por tal razón, los datos recolectados se almacenarían en hojas de cálculo de Google Sheets las cuales actuarían como la base de datos, mientras que se utilizaría el entorno de trabajo de la herramienta de Apps Scripts para generar la interfaz de comunicación (Figura 11) con los usuarios utilizando scripts en HTML, con complementos de CSS y de JavaScript.

Tabla 1.

Formato de base de datos

Planta	País	Compañía Predecesora	Segmento de Negocio	Sistema/Servidor	Zona de Red	Tipo de Servidor	Dirección IP	OS	Personal Encargado
Ada	USA	Holcim	Planta de Cemento	Aplicación de Concreto	Procesos	Local	102.255.1.6	Windows 8	Ingeniero de Automatización
Toronto	Canadá	Lafarge	Estación de Triturado	Aplicación de Personal	DMZ	Cloud	102.18.3.1	Windows 7	Técnico en jefe de Procesos

Figura 11 Interfaz de Usuario

Una vez se encontraba funcionando de manera estable, se presentó el aplicativo a los interesados, quienes valoraron positivamente esta interfaz. Sin embargo, también realizaron la solicitud de recrear de manera visual una representación general de las plantas con sus respectivas localizaciones y las aplicaciones implementadas. Para esto, tomando como base los datos existentes se desarrolló un script integrado con la herramienta Google Slides, la cual permite al usuario visualizar en un mapa la información por ubicación de cada planta como se muestra en Figura 12.

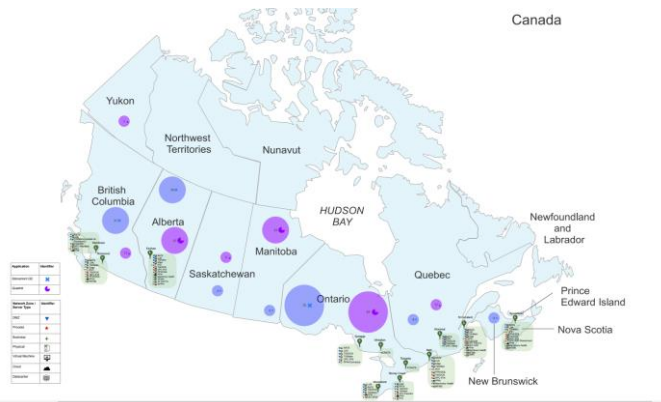


Figura 12 Mapa generado en Google Slides mediante Google Apps Scripts

Finalmente, el prototipo final fue aprobado y actualmente está siendo implementado por el equipo de soporte y demás usuarios interesados como herramienta complementaria en las labores relacionadas con las aplicaciones industriales de la compañía.

## V. CONCLUSIONES

En primera instancia, se logró construir un sistema centralizado de información que cumpliera con los estándares y los requerimientos solicitados por los usuarios finales, el cual se pudo implementar de manera exitosa. Así mismo, se

estableció la documentación pertinente relacionada tanto a los servidores y su arquitectura como a la solución de problemas comunes solucionados por el equipo de Manufacturing & industrial Applications, conforme a los objetivos planteados al inicio del proyecto. Igualmente, el desarrollo de esta práctica laboral permitió al practicante adquirir experiencia real en el ejercicio profesional de la ingeniería y de esta manera afianzar los conocimientos en el área de automatización y mantenimiento, así como el aprendizaje de nuevas herramientas digitales como el uso de SAP y el manejo adecuado de diversas Aplicaciones Industriales.

## REFERENCIAS

- [1] H. Acevedo Agudelo, A. Vásquez Hernández, and D. Alejandro Ramírez Cardona, "SOSTENIBILIDAD: ACTUALIDAD Y NECESIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA," *Gest. Ambient.*, vol. 15, no. 1, pp. 105–118, 2012, Accessed: Oct. 18, 2021. [Online]. Available: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825>.
- [2] Holcim, "Holcim, industry experts in building materials." <https://www.holcim.com/> (accessed Sep. 30, 2021).
- [3] T. Coito *et al.*, "A novel framework for intelligent automation," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 1825–1830, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.IFACOL.2019.11.501.
- [4] G. Yadav and K. Paul, "Architecture and security of SCADA systems: A review," *Int. J. Crit. Infrastruct. Prot.*, vol. 34, p. 100433, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.IJCIP.2021.100433.
- [5] S. Jaskó, A. Skrop, T. Holczinger, T. Chován, and J. Abonyi, "Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard- and ontology-based methodologies and tools," *Comput. Ind.*, vol. 123, p. 103300, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.COMPIND.2020.103300.
- [6] S. Z. Kamal *et al.*, "SPE-181087-MS IT and OT Convergence-Opportunities and Challenges," 2016.
- [7] F. Almada-Lobo, "The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES)," *J. Innov. Manag.*, vol. 3, no. 4, pp. 16–21, 2015, doi: 10.24840/2183-0606\_003.004\_0003.
- [8] T. Zonta, C. A. da Costa, R. da Rosa Righi, M. J. de Lima, E. S. da Trindade, and G. P. Li, "Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 150, p. 106889, Dec. 2020, doi: 10.1016/J.CIE.2020.106889.
- [9] S. P. Muniraj and X. Xu, "An Implementation of OPC UA for Machine-to-Machine Communications in a Smart Factory," *Procedia Manuf.*, vol. 53, pp. 52–58, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.PROMFG.2021.06.009.
- [10] P. Gosling, "Creating a batch file, using EDLIN to create a batch file, using COPY CON to create a batch file, running a batch file, the AUTOEXEC file," *Easily into DOS*, pp. 60–64, 1989, doi: 10.1007/978-1-349-10470-3\_15.
- [11] "Overview of Google Apps Script | Google Developers." <https://developers.google.com/apps-script/overview> (accessed Nov. 08, 2021).