**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HISTORIADOR DE PROCESOS BASADO EN SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO PARA SU APLICACIÓN EN SISTEMAS SCADA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**CHRISTOPHER ALEXIS CASTRO GARCÉS**

**DIRECTOR: DRA.- ING. SILVANA DEL PILAR GAMBOA BENÍTEZ**

**CODIRECTOR: MBA. ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR**

**Quito, junio 2021**

# AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christopher Alexis Castro Garcés, bajo nuestra supervisión.

**  
NOMBRE DIRECTOR  
Dra.- Ing. Silvana del Pilar Gambia Benítez**

**  
NOMBRE CODIRECTOR  
MBA. Ana Verónica Rodas Benalcázar**

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Christopher Alexis Castro Garcés, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

|  |
| --- |
| CHRISTOPHER ALEXIS CASTRO GARCÉS |

# DEDICATORIA

(OPCIONAL)

# AGRADECIMIENTO

(OPCIONAL)

# ÍNDICE DE CONTENIDO

[AVAL I](#_Toc7511897)

[DECLARACIÓN DE AUTORÍA II](#_Toc7511898)

[DEDICATORIA III](#_Toc7511899)

[AGRADECIMIENTO IV](#_Toc7511900)

[ÍNDICE DE CONTENIDO V](#_Toc7511901)

[RESUMEN VI](#_Toc7511902)

[ABSTRACT VII](#_Toc7511903)

[1. INTRODUCCIÓN 1](#_Toc7511904)

[1.1 OBJETIVOS 1](#_Toc7511905)

[1.2 ALCANCE 1](#_Toc7511906)

[1.3 MARCO TEÓRICO 1](#_Toc7511907)

[2. METODOLOGÍA 2](#_Toc7511908)

[2.1. EJEMPLOS DE USO DE TABLAS, FIGURAS Y ECUACIONES 2](#_Toc7511909)

[2.2. TIPOGRAFÍA 3](#_Toc7511910)

[2.3. ESPACIADO 3](#_Toc7511911)

[2.4. NUMERACIÓN 3](#_Toc7511912)

[3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 5](#_Toc7511913)

[4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 6](#_Toc7511914)

[4.1. CONCLUSIONES 6](#_Toc7511917)

[4.2. RECOMENDACIONES 6](#_Toc7511918)

[5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 7](#_Toc7511919)

[ANEXOS 8](#_Toc7511920)

# RESUMEN

La necesidad de recopilar datos resultantes de la operación de un determinado proceso, así como la necesidad de poder realizar registros de los mismos, para la generación de históricos que ayuden a la optimización del proceso en cuestión, obliga a que el sector industrial se surta de un software Historiador de Datos; de manera práctica también conocido como Historiador de Procesos. Actualmente hay varias herramientas que buscan satisfacer dichas necesidades, sin embargo, el costo de la adquisición de su licencia puede alcanzar valores elevados dependiendo de sus prestaciones.

En el presente trabajo se diseña e implementa un software de aplicación, mismo que hace las veces de Historiador de procesos, utilizando, principalmente, el lenguaje de software libre JavaScript y el motor de base de datos PostgreSQL. Se incorpora también un servidor de datos que permite un fácil acoplamiento entre el aplicativo y los diferentes dispositivos clientes utilizando consultas de tipo SQL, así como los protocolos MQTT y Modbus TCP. Adicionalmente, se desarrolló una interfaz gráfica en donde se centraliza toda la información asociada a la configuración, monitoreo y mantenimiento del flujo de datos.

Todo el software desarrollado, así como las dependencias del mismo y el motor de base de datos se encuentran contenidos en un entorno virtual creado con Docker y Docker-compose.

De esta forma, se busca beneficiar a las PYMES al proporcionarles una alternativa de código abierto y de menor costo a los aplicativos historiadores comerciales.

La validación del funcionamiento del aplicativo se desarrolla en base a las pruebas de funcionamiento y despliegue realizadas.

**PALABRAS CLAVE:** Historiador, Procesos, PostgreSQL, JavaScript, API, Docker, Docker-compose, MQTT, Modbus TCP

# ABSTRACT

The need to collect data resulting from the operation of a certain process, as well as the need to be able to record them, for the generation of historical data that help optimize the process in question, forces the industrial sector to supply itself with a software known as Process Historian. Currently there are several tools that seek to satisfy these needs, however, the cost of acquiring the license of said tool can reach high values.

In this work, an application software is designed and implemented, which acts as a Process Historian, mainly using the free software language JavaScript and the PostgreSQL database engine. A data server is also incorporated that allows an easy coupling between the application and the different client devices using SQL-type queries as well as the MQTT and Modbus TCP protocols. Additionally, a graphical interface was developed where all the information associated with the configuration, monitoring and maintenance of the data flow is centralized.

All the software developed, as well as its dependencies and the database engine, are contained in a virtual environment created with Docker and Docker-compose.

In this way, it seeks to benefit SMEs by providing them with an open source and lower cost alternative to commercial historian applications.

The validation of the application's operation is developed based on the operation and deployment tests carried out.

**KEYWORDS:** Historian, Processes, PostgreSQL, JavaScript, API, Docker, Docker-compose, MQTT, Modbus TCP

# INTRODUCCIÓN

La necesidad de recopilar datos resultantes de la operación de un determinado proceso, así como la necesidad de poder respaldar los mismos para la generación de históricos que ayuden a la optimización del proceso en cuestión, obliga a que el sector industrial se surta de un aplicativo que se encargue del intercambio y almacenamiento de datos con los diferentes dispositivos que se encuentran dentro de la pirámide de automatización. Dicho aplicativo toma el nombre de Historiador de procesos [1].

En la actualidad existen un determinado número de desarrolladores de software que buscan satisfacer las necesidades mencionadas anteriormente y que procuran incorporar herramientas que facilitan el trabajo, sin embargo, la mayoría de ellos, por no generalizar, requieren de una licencia que, usualmente, es de un costo relativamente elevado. Por esta razón es muy común que el sector industrial, específicamente aquellos que no pueden realizar fuertes inversiones como es el caso de la micro, pequeña y mediana industria (MIPYMES) [2], opte por no utilizar un sistema de registro o, en su defecto, utilizar software comercial sin su licencia, lo que limita las capacidades del software en cuestión, esto siempre y cuando el desarrollador lo permita. Por otro lado, existen aplicaciones con licencia de libre acceso para respaldo de datos, pero no están enfocadas para funcionar en un ambiente industrial.

De manera adicional, a nivel industrial, se requiere que un historiador encuentre su utilidad como parte de un software de aplicación [3] orientado a un SCADA [4] por lo que se buscan características de versatilidad y fácil integración.

Por las razones mencionadas, se propone desarrollar, a nivel de software, una aplicación que haga las veces de registrador industrial utilizando el lenguaje de programación JavaScript, con el objeto de evaluar la relación costo-beneficio de la misma. De esta forma, mediante el presente proyecto, se busca diseñar e implementar un historiador de procesos que una vez finalizado constará, principalmente, de un “back-end”[5] encargado de administrar el tráfico de información de entrada o salida del aplicativo así como de su respectivo respaldo; y de un “front-end”[5] conformado por una interfaz de usuario que permite modificar y visualizar información inherente al aplicativo; procurando mantener un enfoque de una aplicación multipropósito, multiplataforma, de código abierto, de fácil acceso, con capacidades de integración para una sencilla puesta en marcha, así como de un despliegue de servicios basados en la nube y, sobre todo, con una interfaz amigable para el operador.

## OBJETIVOS

El objetivo general de este Proyecto Técnico es:

* Diseñar e implementar un historiador de procesos basado en software de código abierto para su uso en sistemas SCADA

Los objetivos específicos del Proyecto Técnico son:

* Desarrollar una recopilación bibliográfica referente a las características, la implementación y el uso de historiadores en procesos industriales.
* Determinar los principales requerimientos con los que debe cumplir un historiador de procesos industrial.
* Seleccionar el software libre en base al cual se trabajará el historiador de procesos.
* Diseñar e implementar un historiador de procesos de código abierto, con una interfaz de visualización y configuración amigable para el operador.
* Realizar pruebas de validación de funcionamiento del historiador de procesos implementado.

## ALCANCE

Para el proyecto propuesto, se realizará una recopilación bibliográfica de documentos técnicos referentes a historiadores en procesos industriales.

Se establecerán los requerimientos que debe cumplir el historiador de proceso en base a un análisis cualitativo de aplicativos comerciales enfatizando sus capacidades de gestión de flujo de datos y las herramientas visuales para el monitorio de los datos en cuestión.

Se realizará un estudio comparativo enfatizando las diferencias entre los principales tipos de bases de datos: de tipo relacional y no relacional.

Se seleccionará el entorno de programación, basado en código abierto, a usarse en la implementación en función de los requerimientos establecidos al estudiar los aplicativos comerciales.

En base a los requerimientos establecidos previamente, se diseñará los componentes que deben integrar el historiador de proceso procurando una arquitectura modular, de tal forma que facilite el desarrollo y, especialmente, posibles modificaciones a futuro.

Se diseñará e implementará una herramienta que permita la inicialización de una base de datos, es decir, la configuración de seguridad y acceso; la definición de sus respectivos atributos y la definición de los vínculos que los interrelacionan.

Se diseñará e implementará una aplicación que permita establecer múltiples conexiones con la base de datos para que múltiples dispositivos puedan conectarse en tiempo real con el objeto de enviar información para su respectivo almacenamiento en la base de datos.

Se diseñará e implementará una aplicación que, utilizando protocolos de comunicación basados en internet, será capaz de administrar la conexión local y remota de múltiples clientes web que tienen el objetivo de realizar consultas a la base de datos y así poder extraer información, tanto histórica como en tiempo real, de los dispositivos asociados a la misma.

Se diseñará e implementará un cliente web que satisfaga los requerimientos que un operador de procesos necesita de una interfaz visual para garantizar un adecuado control y monitoreo de un determinado proceso en base a sus datos históricos.

Una vez desarrollado el software, se realizarán pruebas enfocadas en la verificación de su correcto funcionamiento, así como de la facilidad de su operabilidad y, adicionalmente, se realizará un análisis comparativo con herramientas comerciales similares.

## MARCO TEÓRICO

Se debe exponer la literatura relevante relacionada con el tema. Se incluyen los argumentos y controversias que justifican la validez del proyecto, con una revisión bibliográfica pertinente. En el Marco Teórico se debe responder a las preguntas:

¿Qué es lo que se sabe acerca del tema en el cual se enmarca el proyecto?

¿Cómo se relaciona el estudio con trabajos anteriores del área?

El empleo de subtítulos es a discreción del estudiante y su director

En este apartado se detallan conceptos teóricos relevantes para una adecuada interpretación del trabajo realizado.

1. Herramientas de software comerciales para su implementación en sistemas SCADA

Un sistema de supervisión, control y adquisición de datos; o simplemente sistema SCADA, se trata de un tipo de aplicación, mas no de una tecnología, razón por la cual cualquier sistema que ayude a un operador a tomar decisiones, o en su defecto, que automatice la toma de dichas decisiones, con el fin de controlar y optimizar un proceso en función de datos de operación relativos al mismo es considerado un SCADA como tal.

Son varias las funciones y herramientas que se contemplan dentro del operar de un SCADA, entre ellas:

* Supervisión centralizada
* Recopilación, almacenamiento y distribución de datos
* Telemetría de procesos que abarcan amplias áreas geográficas.
* Monitoreo y diagnóstico de datos.
* Control de variables de proceso que permiten manipular el escenario de operación del mismo.

A nivel comercial, existen muchas alternativas a este tipo de aplicaciones, desde las más completas refiriéndonos a utilidades y herramientas de software, hasta aquellas que incorporan hardware dedicado. A continuación, en la Tabla 1.1 se recopila

1. Historiador de procesos
2. Bases de datos
3. Servidores de aplicación
4. Protocolos de comunicación
5. JavaScript y Node.js
6. Docker y Docker-compose

# METODOLOGÍA

En esta sección se deberá definir la forma en la que se desarrollará el proyecto. Se especificarán las técnicas e instrumentos a emplear para recolectar información (observación, experimentación, consulta, encuesta, entrevista, foro, entre otros), con los que se recogerá, organizará, sistematizará, interpretará y analizará la información y se definirán las diferentes etapas o fases metodológicas que permitirán el desarrollo del Proyecto Técnico.

## EJEMPLOS DE USO DE TABLAS, FIGURAS Y ECUACIONES

….un ejemplo se presenta en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Resultados de las pruebas realizadas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No. Prueba** | **Resultado** | **Tiempo [s]** |
| 1 | 10 | 0.9 |
| 2 | 5 | 0.5 |

…a continuación el ejemplo se presenta en la Figura 2.1.

**Figura 2.1.** Resultados de las pruebas realizadas

…la Ecuación 2.1 permite ejemplificar la incorporación de una fórmula.

(2.1)

## TIPOGRAFÍA

Un resumen de la tipografía se presenta en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Tipografía

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Texto** | **Tamaño** | **Fuente** | **Estilo** | **Ejemplo** |
| Normal | 11 | Arial | Normal, Alineado justificado | Texto de párrafo |
| Nivel 1 | 16 | Arial | Mayúsculas, negrilla, estilo Título 1 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1 METODOLOGÍA** |
| Nivel 2 | 14 | Arial | Mayúsculas, negrilla, estilo Título 2 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1.1 SUBCAPÍTULO 1** |
| Nivel 3 | 12 | Arial | Mayúsculas, negrilla, estilo Título 3 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1.1.1 SUBCAPÍTULO 2** |
| Nivel 4 | 12 | Arial | Minúsculas, negrilla, estilo Título 4 numerado, alineación izquierda sin sangría | **1.1.1.1 Subcapítulo 3** |

En caso de ser necesario se podrá incluir un quinto nivel con tamaño de letra 11, fuente Arial, en minúsculas cursivas, estilo subtítulo numerado, alineación izquierda sin sangría.

## ESPACIADO

Todo el documento debe tener espaciado de 1,5. Las tablas pueden usar espaciado simple y de ser necesario para sus contenidos se podrá utilizar un tamaño de letra menor a 11 y mayor a 8.

## NUMERACIÓN

Un resumen de la numeración se presenta en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Numeración

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Elemento** | **Estilo** | **Número** |
| Tabla | Superior al elemento, Alineado centro | Continuo, Número arábigo |
| Figura | Inferior al elemento, Alineado centro | Continuo, Número arábigo |
| Ecuación | A la derecha del elemento, Alineado margen derecho | Continuo, Número arábigo |
| Páginas | Inferior  Centro | Continuo, En número romano hasta resumen y en arábigo hasta el final |
| Anexos |  | Continuo, letras mayúsculas |

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se debe presentar los resultados más relevantes obtenidos en la aplicación de la metodología descrita, debiéndose realizar una evaluación comparativa que valide la aplicación de la metodología en casos de estudio debidamente estructurados. De ser requerido, en Anexos se deberá adjuntar los registros de forma detallada.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CONCLUSIONES

En esta sección se debe incluir un análisis general de los resultados alcanzados en la realización del Proyecto Técnico, destacando la metodología descrita así como los resultados de su aplicación en casos de estudio teóricos o prácticos.

## RECOMENDACIONES

Se deberán incluir recomendaciones sobre mejoras a la metodología o a su aplicación con la finalidad de definir posibles futuros Trabajos de Titulación.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Listar todas las referencias bibliográficas citadas en el texto, siguiendo las normas de estilo IEEE).

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139. |

# ANEXOS

En caso necesario, el documento escrito deberá incluir los anexos y secciones que incorporan información que sea relevante al proyecto, pero que, por su extensión, no pueden ser incorporadas directamente en ninguna de las secciones anteriores. Normalmente, en la sección de Anexos se incluyen conjuntos de datos extensos, tablas y figuras, etc.

Lo siguiente es un ejemplo de Anexos:

ANEXO A. Resumen básico de la guía de estilo para referencias de la IEEE

ANEXO B. Conjunto de Tablas Extensas

ANEXO C. Conjunto de Figuras Extensas

**ANEXO A**

Resumen básico de la guía de estilo para referencias de la IEEE.

***Basic format for books:***

J. K. Author, “Title of chapter in the book,” in *Title of His Published Book, x*th ed. City of Publisher, (only U.S. State), Country: Abbrev. of Publisher, year, ch. *x*, sec. *x*, pp. *xxx–xxx.*

*Examples:*

1. G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics,” in *Plastics,* 2nd ed., vol. 3, J. Peters, Ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
2. W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems.* Belmont, CA, USA: Wadsworth, 1993, pp. 123–135.

***Basic format for periodicals:***

J. K. Author, “Name of paper,” *Abbrev. Title of Periodical*, vol. *x, no*. *x,* pp*. xxx-xxx,* Abbrev. Month, year, DOI. 10.1109.*XXX*.123456.

*Examples:*

1. J. U. Duncombe, “Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility,” *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-11, no. 1, pp. 34–39, Jan. 1959, 10.1109/TED.2016.2628402.
2. E. P. Wigner, “Theory of traveling-wave optical laser,”   
   *Phys. Rev*.,   
   vol. 134, pp. A635–A646, Dec. 1965.
3. E. H. Miller, “A note on reflector arrays,” *IEEE Trans. Antennas Propagat*., to be published.

***Basic format for reports:***

J. K. Author, “Title of report,” Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, Rep. *xxx*, year.

*Examples:*

1. E. E. Reber, R. L. Michell, and C. J. Carter, “Oxygen absorption in the earth’s atmosphere,” Aerospace Corp., Los Angeles, CA, USA, Tech. Rep. TR-0200 (4230-46)-3, Nov. 1988.
2. J. H. Davis and J. R. Cogdell, “Calibration program for the 16-foot antenna,” Elect. Eng. Res. Lab., Univ. Texas, Austin, TX, USA, Tech. Memo. NGL-006-69-3, Nov. 15, 1987.

***Basic format for handbooks:***

*Name of Manual/Handbook, x* ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, year, pp. *xxx-xxx.*

*Examples:*

1. *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, USA, 1985, pp. 44–60.
2. *Motorola Semiconductor Data Manual*, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, USA, 1989.

***Basic format for books (when available online):***

J. K. Author, “Title of chapter in the book,” in *Title of Published Book*, *x*th ed. City of Publisher, State, Country: Abbrev. of Publisher, year, ch. *x*, sec. *x*, pp. *xxx–xxx*. [Online]. Available: http://www.web.com

*Examples:*

1. G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics,” in Plastics, vol. 3, Polymers of Hexadromicon, J. Peters, Ed., 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64. [Online]. Available: http://www.bookref.com.
2. *The Founders’ Constitution*, Philip B. Kurland and Ralph Lerner, eds., Chicago, IL, USA: Univ. Chicago Press, 1987. [Online]. Available: http://press-pubs.uchicago.edu/founders/
3. The Terahertz Wave eBook. ZOmega Terahertz Corp., 2014. [Online]. Available: http://dl.z-thz.com/eBook/zomega\_ebook\_pdf\_1206\_sr.pdf. Accessed on: May 19, 2014.
4. Philip B. Kurland and Ralph Lerner, eds., *The Founders’ Constitution.* Chicago, IL, USA: Univ. of Chicago Press, 1987, Accessed on: Feb. 28, 2010, [Online] Available: http://press-pubs.uchicago.edu/founders/

***Basic format for journals (when available online):***

J. K. Author, “Name of paper,” *Abbrev. Title of Periodical*, vol. *x*, no. *x*, pp. *xxx-xxx*, Abbrev. Month, year. Accessed on: Month, Day, year, DOI: 10.1109.*XXX*.123456, [Online].

*Examples:*

1. J. S. Turner, “New directions in communications,” *IEEE J. Sel. Areas Commun*., vol. 13, no. 1, pp. 11-23, Jan. 1995.
2. W. P. Risk, G. S. Kino, and H. J. Shaw, “Fiber-optic frequency shifter using a surface acoustic wave incident at an oblique angle,” *Opt. Lett.*, vol. 11, no. 2, pp. 115–117, Feb. 1986.
3. P. Kopyt *et al., “*Electric properties of graphene-based conductive layers from DC up to terahertz range,” *IEEE THz Sci. Technol.,* to be published. DOI: 10.1109/TTHZ.2016.2544142.

***Basic format for papers presented at conferences (when available online):***

J.K. Author. (year, month). Title. presented at abbrev. conference title. [Type of Medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. PROCESS Corporation, Boston, MA, USA. Intranets: Internet technologies deployed behind the firewall for corporate productivity. Presented at INET96 Annual Meeting. [Online]. Available: http://home.process.com/Intranets/wp2.htp

***Basic format for reports and handbooks (when available online):***

J. K. Author. “Title of report,” Company. City, State, Country. Rep. no., (optional: vol./issue), Date. [Online] Available: site/path/file

*Examples:*

1. R. J. Hijmans and J. van Etten, “Raster: Geographic analysis and modeling with raster data,” R Package Version 2.0-12, Jan. 12, 2012. [Online]. Available: http://CRAN.R-project.org/package=raster
2. Teralyzer. Lytera UG, Kirchhain, Germany [Online]. Available: http://www.lytera.de/Terahertz\_THz\_Spectroscopy.php?id=home, Accessed on: Jun. 5, 2014

***Basic format for computer programs and electronic documents (when available online):***

Legislative body. Number of Congress, Session. (year, month day). *Number of bill or resolution*, *Title*. [Type of medium]. Available: site/path/file

***NOTE:*** ISO recommends that capitalization follow the accepted practice for the language or script in which the information is given.

*Example:*

1. U.S. House. 102nd Congress, 1st Session. (1991, Jan. 11). *H. Con. Res. 1, Sense of the Congress on Approval of Military Action*. [Online]. Available: LEXIS Library: GENFED File: BILLS

***Basic format for patents (when available online):***

Name of the invention, by inventor’s name. (year, month day). Patent Number[Type of medium]. Available: site/path/file

*Example:*

1. Musical toothbrush with mirror, by L.M.R. Brooks. (1992, May 19). Patent D 326 189

[Online]. Available: NEXIS Library: LEXPAT File: DES

***Basic format for conference proceedings (published):***

J. K. Author, “Title of paper,” in *Abbreviated Name of Conf.*, City of Conf., Abbrev. State (if given), Country, year, pp. *xxxxxx.*

*Example:*

1. D. B. Payne and J. R. Stern, “Wavelength-switched pas- sively coupled single-mode optical network,” in *Proc. IOOC-ECOC,* Boston, MA, USA,1985,   
   pp. 585–590.

***Example for papers presented at conferences (unpublished):***

1. D. Ebehard and E. Voges, “Digital single sideband detection for interferometric sensors,” presented at the *2nd Int. Conf. Optical Fiber Sensors,* Stuttgart, Germany, Jan. 2-5, 1984.

***Basic format for patents:***

J. K. Author, “Title of patent,” U.S. Patent *x xxx xxx*, Abbrev. Month, day, year.

*Example:*

1. G. Brandli and M. Dick, “Alternating current fed power supply,” U.S. Patent 4 084 217, Nov. 4, 1978.

***Basic format for theses (M.S.) and dissertations (Ph.D.):***

a) J. K. Author, “Title of thesis,” M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

b) J. K. Author, “Title of dissertation,” Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

*Examples:*

1. J. O. Williams, “Narrow-band analyzer,” Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, USA, 1993.
2. N. Kawasaki, “Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow,” M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993.

***Basic format for the most common types of unpublished references:***

a) J. K. Author, private communication, Abbrev. Month, year.

b) J. K. Author, “Title of paper,” unpublished.

c) J. K. Author, “Title of paper,” to be published.

*Examples:*

1. A. Harrison, private communication, May 1995.
2. B. Smith, “An approach to graphs of linear forms,” unpublished.
3. A. Brahms, “Representation error for real numbers in binary computer arithmetic,” IEEE Computer Group Repository, Paper R-67-85.

***Basic formats for standards:***

a) *Title of Standard*, Standard number, date.

b) *Title of Standard*, Standard number, Corporate author, location, date.

*Examples:*

1. IEEE Criteria for Class IE Electric Systems, IEEE Standard 308, 1969.
2. Letter Symbols for Quantities, ANSI Standard Y10.5-1968.

***Article number in reference examples:***

1. R. Fardel, M. Nagel, F. Nuesch, T. Lippert, and A. Wokaun, “Fabrication of organic light emitting diode pixels by laser-assisted forward transfer,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 91, no. 6, Aug. 2007, Art. no. 061103.
2. J. Zhang and N. Tansu, “Optical gain and laser characteristics of InGaN quantum wells on ternary InGaN substrates,” *IEEE Photon. J.*, vol. 5, no. 2, Apr. 2013, Art. no. 2600111

***Example when using et al.:***

S. Azodolmolky *et al.*, Experimental demonstration of an impairment aware network planning and operation tool for transparent/translucent optical networks,” *J. Lightw. Technol.*, vol. 29, no. 4, pp. 439–448, Sep. 2011.

**ANEXO B**

Aquí va el contenido del Anexo B.

La numeración de los Anexos debe realizarse con letras mayúsculas.

**ORDEN DE EMPASTADO**