

**DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA UNA INFRAESTRUCTURA
AVANZADA DE MEDICIÓN EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**



Anexos

**ESTEBAN CASTILLO OBANDO
SEBASTIÁN MUÑOZ ANDRADE**

Director: Mg. Ing. VÍCTOR FABIÁN MIRAMÁ PÉREZ
Codirector: Mg. Ing. JUAN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA

Universidad Del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D en Nuevas Tecnologías de Telecomunicaciones - GNTT
Grupo I+D en Automática Industrial
Popayán, Julio de 2017



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTADO DE FIGURAS	I
ANEXO A	1
A.1. METODOLOGIA DE SIMULACIÓN	1
A.1.1. Definición del problema	1
A.1.2. Diseño de estudio	1
A.1.3. Diseño del modelo conceptual	1
A.1.4. Formulación de entradas, suposiciones, definición de procesos	2
A.1.5. Construir, verificar y validar el modelo de simulación	3
A.1.6. Experimentación con el modelo de simulación	3
A.1.7. Documentación y presentación	3
ANEXO B	4
B.1. CATALOGO DEL DISPOSITIVO XBEE S2C	4
ANEXO C	5
C.1. ESPECIFICACIÓN TECNICA PARA POSTES DE CONCRETO	5
BIBLIOGRAFIA	6

LISTADO DE FIGURAS

Figura B.1 Especificaciones módulo XBee S2C.....	4
Figura C.1 Especificación técnica para postes de concreto.....	5



DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA UNA INFRAESTRUCTURA AVANZADA DE MEDICIÓN EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN



ANEXO A

A.1. METODOLOGIA DE SIMULACIÓN

En este documento se describe un resumen de las etapas que deben seguirse como parte de una metodología de simulación aplicada para encontrar solución a problemas reales. La metodología de simulación fue desarrollada por el Comité Técnico de Metodologías de Simulación de la Universidad de Michigan-Dearborn¹, la cual abarca aspectos de otras de metodologías, como las de Law (1993), Musselman (1992), Sadowski (1989) y Ulgen (1991), dirigidas hacia una perspectiva práctica que permite obtener una mayor aproximación entre sistemas reales y modelos de simulación, para la obtención de datos confiables, su posterior análisis y la generación de conclusiones más certeras [1]. Lo anterior se fundamenta en seis etapas principales, que se explican a continuación:

A.1.1. Definición del problema

Es quizás la fase de mayor impacto en la totalidad del estudio de simulación puesto que una definición incorrecta incurrirá en pérdidas de tiempo y dinero. Por ello se requiere la adquisición del material de estudio necesario, así como la estimación del periodo de tiempo que abarcará dicho estudio y su respectiva documentación. Además, debe tenerse muy presente la relación costo-beneficio del análisis que se planea realizar, puesto que resulta un método muy apropiado que permite la justificación del mismo aun en esta etapa. Es por eso que dentro de esta fase de simulación se deben identificar todos los objetivos de estudio, así como los aspectos específicos que serán analizados y ubicados dentro de un dominio de estudio o bajo ciertos límites establecidos con miras a obtener la información requerida. Para ello deben identificarse todos los componentes del sistema real que serán plasmados en el modelo de simulación y determinar el nivel de detalle de acuerdo a las capacidades de la herramienta de simulación y a los objetivos de estudio.

A.1.2. Diseño de estudio

El diseño de Estudio es la fase en que se investigan muchos de los aspectos tratados anteriormente con mayor detalle, donde los aspectos técnicos y los problemas que ellos repercuten adquieren mayor peso, y se plantean todas las premisas del caso. De acuerdo a ello se elige la herramienta de simulación que resulte más favorable, y se determinan que datos serán recolectados para su eventual análisis. Debido a que muchos aspectos del estudio o proyecto a realizar dependen de la herramienta de simulación, su selección es muy importante y deberá sujetarse a los requerimientos del mismo, entre ellos las premisas del caso, así como los requerimientos de animación, lo cual resulta muy útil como método de verificación y validación de resultados.

A.1.3. Diseño del modelo conceptual

La estrategia de modelamiento en el proceso de simulación está relacionada con la toma de decisiones que involucran la manera en que el sistema debe ser representado en términos de las características provistas por la herramienta de simulación, enfocándose en la búsqueda de un modelo conceptual que reduzca el esfuerzo en el proceso de simulación, y permita obtener un mejor rendimiento en lo que se refiere al consumo de recursos hardware y el tiempo que tardan las distintas simulaciones, asegurando que se



cumplan todos los objetivos de la investigación. Por otra parte, en esta fase se determinan los requerimientos gráficos del modelo que se utilizarían como herramienta de verificación y se definen variables, contadores, histogramas, etc., a través de los cuales puedan apreciarse los reportes obtenidos de la simulación de manera tal que expliquen el comportamiento del modelo de simulación. Entre las etapas presentes en esta fase están las siguientes:

Decidir si se hace uso de un modelo continuo, discreto o combinado

En un modelo continuo, las variables del sistema cambian continuamente con el tiempo y es necesario de ecuaciones diferenciales para describir su comportamiento. Por otra parte, en un modelo de eventos discreto las variables cambian de valor en puntos discretos y este se mantiene constante entre eventos diferentes.

Determinar los elementos que controlan al sistema

Algunos de los elementos que hacen parte de un sistema son dinámicos, es decir, se mueven a través del sistema causando así que otras entidades o recursos reaccionen y actúen sobre ellos como respuesta de alguna señal. Otros elementos son estáticos en el sentido en que estos esperan a que las entidades o recursos dinámicos realicen alguna acción sobre ellos. El modelador debe decidir qué elementos son importantes en el sistema, dependiendo de la complejidad, el tamaño, y el nivel de detalle del modelo.

Determinar los requerimientos gráficos del sistema

En esta etapa se discuten los requerimientos gráficos y se consideran los factores como la velocidad de ejecución de la simulación, la animación como una herramienta de verificación, la construcción de componentes estáticos y dinámicos de animación, facilidad de enlace de componentes y la disponibilidad de iconos en las librerías gráficas.

Determinar cómo recolectar estadísticas en el modelo

Con el fin de recolectar los datos de una manera que se muestre los resultados de una manera clara y comprensible, las herramientas de simulación producen reportes de salida estándar que pueden ser o no de utilidad para el usuario. De tal forma que, el modelador debe estar en la capacidad de definir las variables, los contadores, histogramas, series de tiempo, diagramas de pastel, etc. para poder recopilar toda la información de salida.

A.1.4. Formulación de entradas, suposiciones, definición de procesos

En esta fase el modelador describe en detalle la lógica operacional del sistema y realiza la recolección de datos y las tareas de análisis. Esta fase se compone de los siguientes pasos:

1. Especificar la filosofía de operaciones del sistema.
2. Describir las limitaciones del sistema.
3. Describir la creación y terminación de elementos dinámicos.
4. Describir el proceso en detalle.
5. Obtener las especificaciones de operación.
6. Realizar una lista con todas las suposiciones iniciales del sistema.
7. Analizar los datos de entrada.



8. Validar el modelo conceptual.

A.1.5. Construir, verificar y validar el modelo de simulación

En esta fase, el modelador hace uso de técnicas software para la construcción, verificación y validación del modelo. Del treinta al cuarenta por ciento del proceso de la simulación debe ser realizado en esta fase, proceso que debe repetirse cuantas veces sea necesario con el fin de obtener los resultados deseados. Entre los aspectos a considerar se encuentran:

1. Limitación de la herramienta de simulación.
2. Construcción de diagramas de flujo en caso de ser necesarios.
3. Reutilizar el código existente al máximo.
4. Realizar pruebas de verificación del funcionamiento del sistema y de validación.
5. Hacer uso de convenciones adecuadas para la identificación de procesos y variables.
6. Utilizar macros tanto como sea posible.
7. Hacer uso de técnicas de programación estructurada.
8. Documentar el código utilizado.
9. Realizar una validación de las variables de salida y los parámetros de entrada.

A.1.6. Experimentación con el modelo de simulación

En esta etapa el equipo de simulación debe decidir si investigar posibles alternativas para la simulación y analizar la posibilidad de realizar un replanteamiento de la metodología adoptada. En esta etapa el modelador identifica las variables de mayor importancia y elimina aquellas cuyo aporte a la simulación es prácticamente insignificante. Entre los pasos a seguir son:

1. Identificar las variables de mayor importancia para la experimentación, es decir para la simulación.
2. Desarrollo de un diseño de experimentación si es necesario.
3. Construir intervalos de referencia de los datos de salida.
4. Aplicar métodos de reducción de varianza si es requerido.
5. Análisis de resultados e identificar las relaciones de causa y efecto entre variables de entrada y salida.

A.1.7. Documentación y presentación

Las tareas en esta fase se desarrollan de manera paralela al resto de fases del proceso, ya que está relacionada principalmente con la documentación necesaria para el éxito de la simulación. Entre los elementos que hacen parte de esta fase se encuentran:

1. Libro con el proyecto de simulación.
2. Documentación sobre las entradas, el código y la salida.
3. Manual de usuario.
4. Manual de mantenimiento.
5. Discusión y explicación de los resultados.
6. Recomendaciones para posibles áreas de estudio.
7. Informe final y presentación.



ANEXO B

B.1. CATALOGO DEL DISPOSITIVO XBEE S2C

De acuerdo a Digi, en la Figura B.1 se presentan las especificaciones para el módulo XBee S2C que se tienen en cuenta para el diseño de la red.

SPECIFICATIONS	Digi XBee® S2C DigiMesh® 2.4
PERFORMANCE	
TRANSCEIVER CHIPSET	Silicon Labs EM357 SoC
DATA RATE	RF 250 Kbps, Serial up to 1 Mbps
INDOOR/URBAN RANGE	200 ft (60 m)
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE	4000 ft (1200 m)
TRANSMIT POWER	3.1 mW (+5 dBm) / 6.3 mW (+8 dBm) boost mode
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)	-100 dBm / -102 dBm boost mode
FEATURES	
SERIAL DATA INTERFACE	UART, SPI
CONFIGURATION METHOD	API or AT commands, local or over-the-air (OTA)
FREQUENCY BAND	ISM 2.4 GHz
FORM FACTOR	Through-Hole, Surface Mount
HARDWARE	S2C
ADC INPUTS	(4) 10-bit ADC inputs
DIGITAL I/O	15
ANTENNA OPTIONS	Through-Hole: PCB Antenna, U.FL Connector, RPSMA Connector, or Integrated Wire; SMT: RF Pad, PCB Antenna, or U.FL Connector
OPERATING TEMPERATURE	-40° C to +85° C
DIMENSIONS (L X W X H) AND WEIGHT	Through-Hole: 0.960 x 1.087 in (2.438 x 2.761 cm) SMT: 0.866 x 1.33 x 0.120 in (2.199 x 3.4 x 0.305 cm)
NETWORKING AND SECURITY	
PROTOCOL	XBee DigiMesh 2.4 (Proprietary 802.15.4 based mesh protocol)
UPDATABLE TO DIGI 802.15.4 PROTOCOL	Yes
UPDATABLE TO ZIGBEE PROTOCOL	Yes
INTERFERENCE IMMUNITY	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
ENCRYPTION	128-bit AES
RELIABLE PACKET DELIVERY	Retries/Acknowledgements
IDS	PAN ID and addresses, cluster IDs and endpoints (optional)
CHANNELS	16 channels
POWER REQUIREMENTS	
SUPPLY VOLTAGE	2.1 to 3.6V
TRANSMIT CURRENT	33 mA @ 3.3 VDC / 45 mA boost mode
RECEIVE CURRENT	28 mA @ 3.3 VDC / 31 mA boost mode
POWER-DOWN CURRENT	<1 µA @ 25° C
REGULATORY APPROVALS	
FCC, IC (NORTH AMERICA)	Yes
ETSI (EUROPE)	Yes
RCM (AUSTRALIA AND NEW ZEALAND)	Yes
TELEC (JAPAN)	Yes

Figura B.1 Especificaciones módulo XBee S2C.

ANEXO C

C.1. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PARA POSTES DE CONCRETO

La Compañía Energética de Occidente tiene instalados postes de concreto con diferentes especificaciones en el sistema de distribución de energía eléctrica para la ciudad de Popayán. Entre estas especificaciones, la altura de los postes es de gran importancia ya que sobre los transformadores estarán ubicados los dispositivos XBee S2C. Sin embargo, la altura de los postes es variable de acuerdo a la norma NTC 1392 y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) [2]. Por lo tanto, para la simulación se trabaja con las peores condiciones del entorno, tomando como altura mínima de 8 metros para todos los postes, como se observa en la Figura C.1.

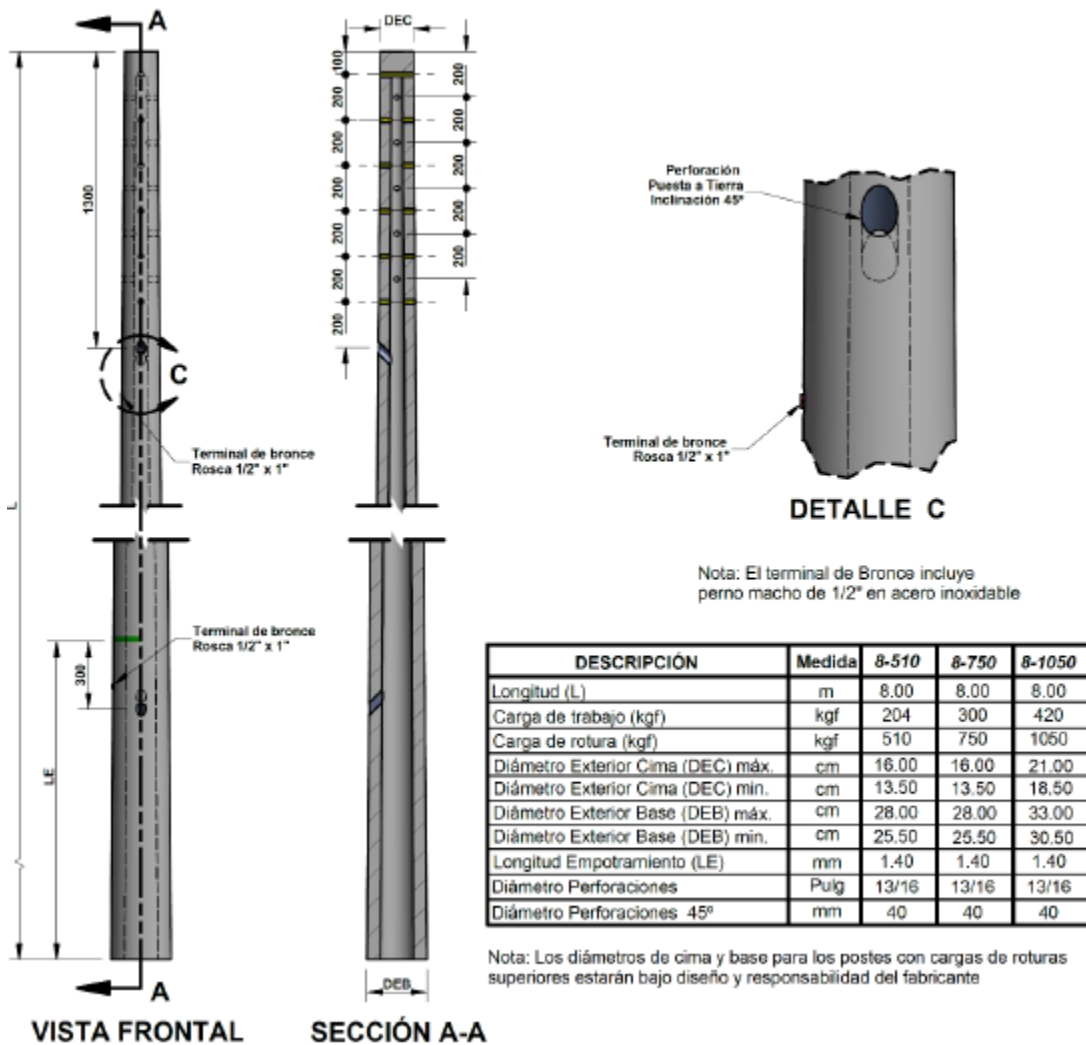


Figura C.1 Especificación técnica para postes de concreto [2].



BIBLIOGRAFIA

- [1] O. M. Ulgen, *et al*, "Simulation Methodology – A Practitioner’s Perspective," Dearborn, MI: University of Michigan, 2006.

- [2] Grupo epm, "ESPECIFICACIÓN TÉCNICA POSTES DE CONCRETO," [Online]. Disponible en: <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/EspecificacionesTecnicas/Postes/ET-TD-ME04-01%20POSTES%20DE%20CONCRETO.PDF> > [Consulta: Abril de 2017].