

Telemetría usando Redes de Datos de Telefonía Celular

Telemetry using Cellular Phone Data Networks

*J. Marino Dodge**

RESUMEN

Todo sistema necesita ser controlado/monitoreado para medir su utilización y para constatar el estado de funcionamiento y tomar acciones correctivas a tiempo en caso de ser necesario. Este artículo presenta una forma de realizar control/monitoreo para un servicio público haciendo uso de las Redes de Telefonía Celular existentes en la actualidad, con sus ventajas, desventajas y escenarios de aplicación.

Palabras clave: SCADA, Telemetría, Redes de datos, Telefonía celular, Control, Medición, Monitoreo.

ABSTRACT

Every system needs to be controlled and monitored in order to measure its usage and to verify working status and to take on time corrective actions if needed. This article presents a way to control/monitor utilities using existing cellular phone data networks with the advantages, disadvantages and application scenarios.

Key words: SCADA, Telemetry, Data networks, Cellular phone, Control, Measurement, Monitor.

** Ingeniero de Sistemas de la Universidad del Norte (1997) de Barranquilla, Colombia. Master Certificate en IS/IT Project Management de Villanova University. Actualmente realiza consultorías, asesorías y proyectos en diversas áreas relacionadas con tecnología y movilidad. Tiene más de 15 años de experiencia en el área de Telecomunicaciones. Ha trabajado directamente o como consultor de múltiples empresas en Latinoamérica, el Caribe y Europa.
§ juan.marino@mevolucion.com*

1. INTRODUCCIÓN

Telemetría es una tecnología que permite la medición de las características de un objeto (como la temperatura ambiente, o la presión existente en una tubería) y transportar los resultados a una estación distante donde son desplegados, guardados y analizados [1]. La palabra se deriva de la raíz griega *tele* que significa remoto y *metron* que significa medir [2]. Por su parte SCADA es un acrónimo que significa Adquisición de Datos y Control de Supervisión (*Supervisory Control And Data Acquisition* por sus siglas en inglés) y más que una tecnología es un tipo de aplicación. Típicamente, los sistemas SCADA se usan para automatizar procesos industriales complejos (tan complejos que el control humano no es práctico); o sistemas donde hay una cantidad considerable de factores de control; o se modifican dichos factores a una velocidad mayor que lo que el ser humano tiene capacidad de manejar [3].

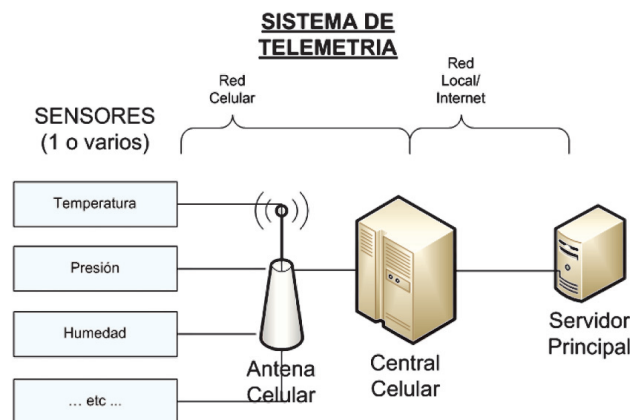


Figura 1. Sistema de telemetría

Fuente: Elaboración propia

El medio de transmisión de la información puede ser aire (para el caso inalámbrico) o cable (de cobre para líneas telefónicas o de fibra óptica).

Dependiendo de las necesidades específicas de medición, se puede considerar para el transporte de los datos o bien usar sistemas basados en redes fijas (PSTN: *Public Switch Telephony Network* o Red de Telefonía Pública Conmutada) o sistemas basados en redes inalámbricas, que pueden ir desde sistemas basados en comunicaciones vía Bluetooth (para corto alcance) hasta sistemas basados en comunicaciones vía satélite (para largo alcance), pasando por sistemas basados en telefonía celular.

El factor más importante a considerar al momento de decidir qué sistema de telemetría utilizar es la distancia desde donde se tiene que realizar la medición hasta el sitio donde debe entregarse y para el caso de sistemas inalámbricos se debe considerar también la posibilidad de poder contar con “línea de vista” (significa que una antena tiene que poder “verse” directamente y sin obstáculos con otra) y aunque la línea de vista no es siempre algo indispensable (dependiendo de la tecnología inalámbrica usada), sí ayuda a mejorar el rendimiento y alcance del sistema en su totalidad.

Tradicionalmente, los sistemas de telemetría se han desarrollado sobre medios inalámbricos, usando transmisión por radio, o transmisión vía satélite. Las desventajas que se encuentran al momento de querer usar un sistema de telemetría con esas características son:

- **Diseño:** El despliegue de comunicaciones inalámbricas requiere una cierta cantidad de estudio de las necesidades y limitaciones.
- **Pruebas:** El sistema debe ser instalado y probado extensivamente para asegurar su eficiencia.
- **Entrenamiento:** Se necesita personal entrenado para manejar comunicaciones inalámbricas.
- **Licencia:** Se requiere obtener permisos gubernamentales para poder transmitir de forma inalámbrica en ciertas frecuencias.

1.1 Arquitectura

Un sistema de telemetría típico está formado por los siguientes elementos:

- **Sensores y/o actuadores:** Son los dispositivos que se encargan de realizar la medición en sí (sensores) y/o ejecutar los comandos recibidos (actuadores). Pueden ser digitales o analógicos.
- **RTU (Remote Telemetry Units, Unidades de Telemetría Remotas):** Son pequeñas unidades computarizadas (o microcontroladas) que sirven como punto local de recolección de datos de los sensores y transmiten los comandos recibidos a los actuadores.
- **Medio de transmisión:** Es el canal de comunicación usado entre el RTU y la estación central.
- **Suministro de energía:** Puede ser directamente de la red pública o mediante baterías (las cuales pueden ser recargadas automáticamente por sistemas de energía solar, por ejemplo).
- **Estación central:** Dispositivo donde se reciben las mediciones de todos los sensores, se acumulan y se procesan de acuerdo a las necesidades. Tiene la opción de poder enviar comandos a los sensores para ejecutar acciones correctivas/preventivas (basado en las mediciones tomadas).

1.2 La infraestructura celular



Figura 2. Diagrama red de telefonía celular

Tomado de: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_9.htm
Fuente: Elaboración propia

Un sistema de comunicaciones móvil celular está formado por un gran número de transmisores inalámbricos (estaciones base y antenas) de bajo poder que forman celdas o células. Dado que el nivel de energía radiada se puede controlar, eso permite que el tamaño de la celda pueda ser ajustado de acuerdo a la densidad de suscriptores y uso de servicio en una determinada región [4].

A medida que los usuarios se mueven de celda en celda, sus conversaciones son “movidas” (proceso que se conoce técnicamente como *hand-off*) entre las celdas para dar la sensación de un servicio continuo [5].

Las comunicaciones entre el móvil y la estación de base se realizan a través de dos canales diferentes: un canal de control que se usa para intercambiar información de control (como disminuir o aumentar la potencia de transmisión) y un canal de voz que se usa para la transmisión de la voz en sí misma (la conversación entre las partes en comunicación).

Las tecnologías disponibles en este momento son: GSM, CDMA y TDMA.

De una forma muy similar a los sistemas de telefonía fija, los sistemas de telefonía celular fueron diseñados originalmente para la transmisión de voz. Las necesidades del mercado (la explosión de Internet) obligaron a la aparición de procedimientos en los cuales se pudiese transmitir paquetes de datos a través de la conexión de dos puntos. Dado que este tipo de servicio requería que se estableciera una conexión física y que se mantuviera abierta durante todo el tiempo que durase la transmisión de datos, se hacía imposible determinar los costos de transmisión de paquetes, debido a que los procedimientos de cálculo originales fueron establecidos basados en el tiempo de conexión, mas no en la cantidad de datos transferidos.

La siguiente evolución fue CDPD (*Cellular Digital Packet Data*) que sigue usando el canal de voz pero envía paquetes de datos direccionados al destinatario. Los canales de voz no se usan todo el tiempo (como se hacía anteriormente) y CDPD usa los tiempos “muertos” (no usados) del canal de voz para transmitir los paquetes de datos. Dado que se comparte el canal, no hay cargos por tiempo de conexión y solo se cobra por la cantidad de paquetes transmitidos [6].

Hoy en día, las tecnologías comercialmente disponibles para transmisión de datos son GPRS/EDGE para GSM y 1xRTT para CDMA (comercialmente conocidos como 3G). Ambas tecnologías implementan una red IP de manera tal que se tiene una conexión ADSL punto a punto (de origen a destino) permitiendo la transmisión de datos a alta velocidad (mayor a 128Kbps) [7]. En algunos países ya se encuentran instaladas redes LTE (GSM) y EVDO (CDMA), las cuales vienen a ser definidas como 4G.

Ventajas de este tipo de tecnologías para el usuario de telemetría:

- Antena corta, no direccional.

- Fácil de configurar y costos de mantenimiento bajos.
- Comunicaciones en doble vía.
- Notificación de eventos.

Desventajas para el usuario de telemetría:

- Requiere estar en un área cubierta por el servicio celular.
- Cargos mensuales por uso.
- El proveedor del servicio puede cambiar la orientación de las antenas, afectando las comunicaciones.
- La comunicación se puede interrumpir durante el envío o transmisión de datos.

Ventajas para el proveedor de servicio celular:

- Condiciones de tráfico predecibles, lo que permite hacer dimensionamientos adecuados.
- Ingresos fijos.

Desventajas para el proveedor de servicio celular.

- Se necesita una línea activa por cada punto de monitoreo (en teoría).

1.3 Oportunidades de uso

Prácticamente cualquier área de negocios puede verse influenciada positivamente por el uso de esta tecnología.

- Área financiera
 - o Terminales de punto de venta y cajeros automáticos.
- Área de monitoreo
 - o Industria de televisión por cable. Para reportar el estado de los equipos de transmisión en tiempo real.
 - o Industria de máquinas copadoras. Para recolectar datos de uso y hacer más eficiente el manejo de los insumos.
 - o Industria de energía eléctrica pública. Para recolectar mediciones, reportar condiciones de operación, intentos de fraude y ejecutar tareas de conexión y reconexión.
 - o Industria de seguridad. Para contactar la estación central aun cuando las líneas de teléfono se encuentren fuera de servicio.
 - o Industria de transporte ferroviario. Para reportar el mal funcionamiento de señales de cruce de trenes.
 - o Industria de la salud. Para reportar y controlar el funcionamiento óptimo de generadores de energía eléctrica de emergencia.
 - o Industria comercial. Para reportar el inventario y estado de equipo de venta (*vending machine*).
 - o Industria de acueducto. Para la notificación inmediata de cambios en el nivel de estanques o ríos o en las condiciones.

- o Industria de transporte. Para determinar la localización de contenedores.
- o Industria de transporte. Para determinar la posición y dirección de la flota.
- o Industria de transporte. Para monitorear remotamente las condiciones y forma de uso de los vehículos de la flota.

1.4 Caso concreto: energía eléctrica

El sistema de energía eléctrica es un sistema que se presta para ser automatizado por medio de telemetría: tiene un número suficientemente grande de conexiones que permiten hacer economía de escala y los gastos fijos asociados a la logística de lectura de medidores y corte y reconexión del servicio son bastante onerosos y no hay forma de disminuirlos de forma diferente.

Hay dos tipos de sistemas de medición por telemetría: Los AMR (*Automatic Metering Reading* – Lectura de medición automática) los cuales permiten la transmisión de las lecturas de los medidores por medios electrónicos hasta un servidor central [8], este tipo de sistema implica envío de información en una sola vía (del medidor hacia el servidor central).

El desarrollo de la microelectrónica y la disminución de costos asociados a este han permitido que se implementen sistemas AMI (*Advanced Metering Infrastructure*), los cuales permiten, además de la lectura (envío de información del medidor al servidor central), la ejecución de comandos como corte y/o reconexión del servicio (envío de información desde el servidor central hacia el medidor), implicando que, a su vez, los medidores tengan capacidades adicionales a las de simple lectura de consumo [9].

El desarrollo de un sistema de telemetría basado en redes de telefonía celular permitiría que los procesos de lectura, corte y reconexión del servicio se puedan hacer automáticamente sin necesidad de intervención humana, lo que disminuye los costos asociados al personal requerido normalmente para esta tarea.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se ha usado la denominada “Cascada” o *Waterfall* en la que se van ejecutando cada una de las etapas en forma definitiva y completa antes de pasar a la siguiente.

2.1 Objetivos

La premisa sobre la cual se ha basado el proyecto es la disminución de costos. Es evidente que se realiza una disminución de costos por la parte de personal, pero hay una inversión a realizar y es el costo de adquisición e instalación de la solución. En estos momentos, en el mercado existen unidades digitales de medición que tienen un costo aproximado de US\$400 a US\$500 dólares cada una, lo cual hace que la necesidad de inversión inicial para el proyecto sea demasiado alta.

Por consiguiente, los objetivos principales de este proyecto son:

- Desarrollar tecnología propia para la medición de variables y la transmisión en doble vía de información a través de redes de datos celulares.
- Reutilizar la base existente de medidores análogos dado que el inventario actual es bastante amplio. Dicha reutilización debe tener en cuenta que cualquier manipulación debe garantizar que no influya ni modifique la capacidad de medición ni la sensibilidad del medidor.
- Desarrollar una solución cuyo costo por unidad esté como mínimo en un 50% del valor de las unidades existentes en el mercado.

2.2 Fases

El proyecto se dividió en dos fases a saber:

- Fase 1: Análisis de factibilidad de la solución.
- Fase 2: Desarrollo de la solución.

Para la Fase 1 se define la construcción de un prototipo funcional que permita confirmar que es posible construir una solución dentro de los límites especificados por los objetivos (costo igual o menor a US\$200, y reutilización de medidores análogos). Dependiendo del éxito de esta primera fase se ejecutaría la segunda fase. Los objetivos de esta primera fase son:

- Construir un circuito que permita la conversión de la medida analógica a digital.
- Instalar el circuito en el espacio físico existente dentro del medidor.
- Verificar que el circuito no afecte la medición.
- Construir un circuito que permita desconectar/reconectar el servicio.
- Construir un circuito que permita gestionar la toma de lecturas y la conexión y reconexión del servicio.
- Construir un circuito que permita la transmisión de información.
- Construir un empacado para la solución.
- Costear lista de materiales usados.
- Costear mano de obra.

Para la Fase 2 se define la construcción de la solución a nivel general. Los objetivos de esta fase son:

- Definir el protocolo de comunicaciones entre las unidades y el servidor central.
- Desarrollar el software de servidor central.
- Desarrollar el software de gestión de la unidad.

Se dividieron las tareas en cuatro equipos de trabajo. Uno para realizar el prototipo y los otros tres para conseguir el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados en la Fase 2.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Fase 1 fue finalizada con éxito al lograr desarrollar una unidad cuyo costo de fabricación oscila entre US\$100 y US\$150 dependiendo de las opciones escogidas para la parte de comunicaciones y monitoreo. El prototipo fue probado exitosamente.

La Fase 2 fue finalizada con éxito al lograr desarrollar todo el sistema que envía y recibe información desde un servidor central. El sistema fue probado exitosamente en campo.

3.1 Características especiales de diseño

A continuación se especifican algunas situaciones encontradas que influyeron en el diseño de la solución:

- Dada la enorme cantidad de puntos a monitorear (prácticamente uno por cada residencia construida) y las características de la aplicación (no se requiere transmisión constante de información desde un punto de monitoreo específico sino lecturas a horarios especificados) se determinó que se pueden concentrar varios puntos de monitoreo por cada línea celular activa (procedimiento conocido como multiplexación de datos).
- Un *display* LCD puede ser colocado en un sitio de fácil acceso para poder darle información al usuario (consumo, valor a pagar, etc.).
- Modem de datos. Se puede usar un modem de datos CDMA – 1xRTT o GSM – GPRS. Incluyendo capacidad de GPS se puede detectar si el dispositivo ha sido movido físicamente de la posición en donde fue instalado originalmente. Hay dos opciones de comunicación (redundancia para alta disponibilidad): por IP o por SMS de dos vías.
- Baterías para energía de reserva (para cuando haya fallas en el suministro) para que el sistema siga operando aun sin energía de suministro, esto sirve para controlar fraude.
- Al tener capacidad de comunicación extra, algunos sensores pueden ser añadidos para garantizar que no se manipule el medidor.
- El uso de la red celular permite la asociación del medidor con una cuenta celular, lo cual permite a su vez el uso del concepto prepago. Este tipo de servicio se ofrecería a usuarios con historial de no pago o reportados en central de riesgo crediticio.
 - o El dispositivo emitirá señales audibles y leíbles cuando el balance esté a punto de terminar.
- El medidor a ser usado, puede ser uno que ya tenga capacidad de datos (digital) o un medidor electromecánico convencional modificado para enviar/recibir datos usando un dispositivo óptico no intrusivo.

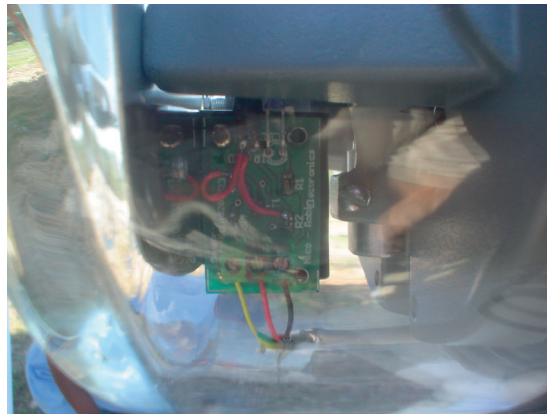


Figura 3. Medidor analógico con el circuito de conversión a digital
Fuente: Elaboración propia

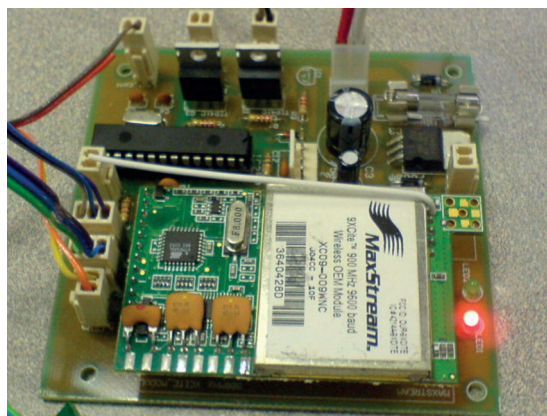


Figura 4. Circuito de gestión y de comunicaciones
Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Unidad completa de conexión y desconexión
Fuente: Elaboración propia

3.2 Ventajas básicas del sistema

Con este sistema en operación se puede lograr lo siguiente:

- Disminuye el tiempo de reconexión a 0.
 - o Dado que se haría automáticamente tan pronto se reciba vía electrónica la confirmación del pago para efectuar la reconexión (a cualquier hora del día).
- Disminuye los reclamos a 0.
 - o La gran mayoría de reclamos que se reciben son por problemas de medición, con este sistema electrónico se tendrían medidas exactas y mediciones exactas significa que los reclamos por errores en la medición se van a reducir a 0.
 - o Se puede colocar un *display* (pantalla) para que el usuario sepa cuánto ha consumido y pueda racionalizarlo para mantenerlo bajo.
- Disminuir el fraude a 0.
 - o El medidor se coloca en un sitio inaccesible porque no hay necesidad de realizar lecturas físicas dado que se transmite la información electrónicamente.
 - o El medidor está equipado con sensores que permiten detectar la manipulación.
 - o No hay errores de lectura.
 - o No hay problemas para hacer corte del servicio.
- Disminuir las dificultades para el pago a 0.
 - o Se puede pagar de forma tradicional, es decir, en las oficinas o en un banco.
 - o Se puede pagar por Internet.
 - o Se puede pagar usando el teléfono, o una tarjeta prepago y está disponible 24 horas.
- Disminuir las cuentas pendientes a 0.
 - o Se puede usar la modalidad de prepago para los usuarios problema (aquellos que siempre dejan vencer su factura) de forma que paguen previamente su consumo.
 - o Tan pronto como el balance llegue a 0, el servicio se cortará.

3.3 Beneficios adicionales para las empresas de energía eléctrica

Las empresas de energía eléctrica pueden considerar los siguientes beneficios adicionales a los anteriores, los cuales constituyen un real valor agregado al sistema.

- Al instalar sobre un circuito completo (todas las líneas alimentadas por un único transformador), se puede comparar la cantidad de energía emitida por el transformador contra las usadas por los usuarios y determinar pérdidas de línea y/o fraude.
- Reportes y análisis en línea de consumos anormales basados en valores históricos y/o límites.
- Análisis y reporte de fallas incluyendo administración de alarmas.
- Reporte inmediato de fallas en el servicio de energía, el área afectada y duración de la falla.
- Reportes analíticos de la demanda agregada/individual de los usuarios del servicio.
- Administración en línea del balance de carga actual.
- Estadísticas exactas respecto a consumo.

- Lectura diaria de todos los medidores para detectar comportamientos anómalos.
- Lecturas en tiempo real.
- Reducción de gastos (se elimina tanto la medición *in situ* como la conexión y desconexión *in situ*).
- Facturación automática del consumo, impidiendo la manipulación de las cifras leídas.
- Evita situaciones tensas con los usuarios a los que se les corta el servicio.

4. CONCLUSIONES

Las empresas de telefonía celular están empezando a ver los sistemas de telemetría como fuentes estables de ingresos en un mercado donde la competencia hace bajar cada vez más los ingresos y en donde en algunos casos se presenta saturación (penetración del 100% o más).

Para el caso específico de energía eléctrica, las empresas de telefonía celular han encontrado: transmisión de datos a horas establecidas (lo que permite estimar tráfico de forma muy exacta y estimar dimensiones), alta concentración en ciudades (donde la telefonía celular tiene muy buena cobertura), ingresos constantes (se tienen que realizar mediciones todos los meses).

En algunas partes se está evaluando la posibilidad de introducir el concepto de prepago tal como se maneja en telefonía al servicio de energía eléctrica [10].

La implantación de un sistema de este tipo evolucionará progresivamente hasta crear una solución completa. Mientras tanto una relación GANA-GANA se establece entre ambas compañías (la de servicio de telefonía y la del servicio de energía) dado que se complementan y cada una trabaja dentro del área donde radica su fortaleza con una visión compartida y un interés por crecer juntos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta un componente social que no se puede dejar de lado: los trabajadores dedicados a las tareas de lectura, corte y reconexión que deberán ser reentrenados y reasignados a otras labores.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Telemetry Tutorial". L3 Communications. L3 Communications. Fecha de consulta: 2011, diciembre 1, disponible: <http://www.tw.l-3com.com/tutorial/preface.html>
- [2] Telemetry. Wikipedia. Wikimedia Foundation. Fecha de consulta: 2011, diciembre, 1, disponible: <http://en.wikipedia.org/wiki/Telemetry>
- [3] Berry, B. "SCADA Tutorial: A fast introduction to SCADA fundamentals and implementation". White Paper. Agosto de 2011. 12 pp.
- [4] The International Engineering Consortium. "Cellular Communications". White Paper. Julio de 2000. 23 pp.

-
- [5] Handover. Wikipedia. Wikimedia Foundation. Fecha de consulta: 2011, diciembre 1, disponible: <http://en.wikipedia.org/wiki/Handover>
- [6] CDPD. Wikipedia. Wikimedia Foundation. Fecha de consulta: 2011, diciembre 1, disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/CDPD>
- [7] Telefonía móvil 3G. Wikipedia. Wikimedia Foundation. Fecha de consulta: 2011, diciembre, 1, disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_3G
- [8] Automatic meter reading. Wikipedia. Wikimedia Foundation. Fecha de consulta: 2011, diciembre, 1, disponible: http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading
- [9] Infraestructura de medición avanzada. Wikipedia. Wikimedia Foundation. Fecha de consulta: 2011, diciembre 1, disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Infraestructura_de_medici%C3%B3n_avanzada
- [10] ¿Se impondrá el modelo prepago en los servicios públicos residenciales? Juan Marino. *El Tiempo*. Fecha de consulta: 2011, diciembre, 1, disponible: <http://www.eltiempo.com/blogs/tecnomovil/2010/09/se-impondra-el-modelo-prepago.php>