



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

### ESCOM

*Trabajo Terminal*

“Sistema de Monitoreo de Signos Vitales Utilizando IoT”

2018-A038

*Presentan*

María Elsi Bernabé Aparicio

Carlos Alberto Granados Puerto

*Directores*

Dr. Rubén Ortega González

M. en C. Nayeli Vega García



Octubre 2018



---

## Índice general

---

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	1
1.2. Solución propuesta . . . . .	1
1.3. Alcance . . . . .	1
1.4. Justificación . . . . .	1
1.5. Objetivos . . . . .	1
1.5.1. Objetivo general . . . . .	1
1.5.2. Objetivos específicos . . . . .	1
1.6. Estado del arte . . . . .	1
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
2.1. Sensores . . . . .	3
<b>3. Análisis</b>	<b>5</b>
3.1. Requerimientos del sistema . . . . .	5
3.2. Análisis de componentes del sistema . . . . .	5
3.2.1. Sensor de temperatura . . . . .	5
3.2.2. Sensor de pulso . . . . .	5
3.2.3. Módulo de comunicación GSM . . . . .	5
3.2.4. Microcontrolador . . . . .	5
3.2.5. Sistema operativo móvil . . . . .	6



<b>I</b>	<b>Diseño de la Estructura del Sistema</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>Metodología</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>Análisis de Factibilidad</b>	<b>11</b>
5.1.	Análisis de Factibilidad . . . . .	11
5.1.1.	Factibilidad Técnica . . . . .	11
5.1.2.	Factibilidad Económica . . . . .	11
<b>6.</b>	<b>Arquitectura del Sistema</b>	<b>13</b>
6.1.	Arquitectura física del sistema . . . . .	13
6.2.	Arquitectura lógica del sistema . . . . .	13
<b>7.</b>	<b>Modelo de Negocio</b>	<b>15</b>
7.1.	Reglas de negocio . . . . .	15
7.2.	Actores del sistema . . . . .	15
7.2.1.	Paciente . . . . .	16
<b>8.</b>	<b>Modelo de Comportamiento</b>	<b>17</b>
8.1.	Módulos del sistema . . . . .	17
8.2.	Modelo de comportamiento del módulo Aplicación Móvil . . . . .	18
8.3.	Modelo de comportamiento del módulo Sistema Externo . . . . .	19
8.4.	Modelo de comportamiento del módulo Sistema Interno . . . . .	20
8.5.	Casos de uso del módulo Aplicación Móvil . . . . .	21
8.6.	CU1 Consultar pacientes . . . . .	22
8.6.1.	Resumen . . . . .	22
8.6.2.	Descripción . . . . .	22
8.6.3.	Trayectorias del caso de uso . . . . .	23
8.6.4.	Puntos de extensión . . . . .	23
<b>9.</b>	<b>Modelo de Interacción con el Usuario</b>	<b>25</b>
9.1.	Entorno de trabajo . . . . .	25
9.2.	Interfaces de usuario . . . . .	26
9.2.1.	IU1 Consultar pacientes . . . . .	26
9.3.	Diseño de mensajes . . . . .	28
9.3.1.	Parámetros comunes . . . . .	28
9.3.2.	Mensajes a través de la pantalla . . . . .	29



<b>II Implementación</b>	<b>31</b>
<b>10. Avances y pruebas</b>	<b>33</b>
10.1. Sensores de pulso . . . . .	33
<b>Referencias</b>	<b>35</b>



---

## Índice de figuras

---

7.1. Perfiles identificados. . . . .	16
8.1. Módulos del sistema. . . . .	17
8.2. Diagrama de casos de uso del módulo Aplicación Móvil. . . . .	18
8.3. Diagrama de casos de uso del módulo Sistema Embebido. . . . .	19
8.4. Diagrama de casos de uso del módulo Sistema Embebido. . . . .	20
9.1. IU1 Consultar pacientes . . . . .	27





---

## Índice de tablas

---



# CAPÍTULO 1

---

## Introducción

---

### **1.1. Planteamiento del problema**

### **1.2. Solución propuesta**

### **1.3. Justificación**

### **1.4. Alcance**

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

#### **1.5.2. Objetivos específicos**

### **1.6. Estado del arte**



## CAPÍTULO 2

---

Marco Teórico

---

### 2.1. Sensores



### 3.1. Requerimientos del sistema

Las definiciones de los requerimientos especifican las funciones y propiedades esenciales y deseables que el sistema debe cumplir.

A continuación se muestran los requerimientos que deberá cubrir el sistema al finalizar el proyecto para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados.

Requerimientos del Sistema			
Id	Descripción	Prioridad	Tipo
RS-R1	El sistema medirá el pulso cardíaco del paciente.	Alta	Funcional

### 3.2. Análisis de componentes del sistema

#### 3.2.1. Sensor de temperatura

#### 3.2.2. Sensor de pulso

#### 3.2.3. Módulo de comunicación GSM

#### 3.2.4. Microcontrolador



### 3.2.5. Sistema operativo móvil



# **Parte I**

## **Diseño de la Estructura del Sistema**



## CAPÍTULO 4

---

### Metodología

---



## CAPÍTULO 5

---

### Análisis de Factibilidad

---

#### **5.1. Análisis de Factibilidad**

##### **5.1.1. Factibilidad Técnica**

Software

**2. Sistema Operativo**

**3. Lenguaje de Programación**

Hardware

##### **5.1.2. Factibilidad Económica**

**1. Gastos tecnológicos**

**2. Gastos por servicios**



---

## Gastos totales

## CAPÍTULO 6

---

### Arquitectura del Sistema

---

- 6.1. Arquitectura física del sistema**
- 6.2. Arquitectura lógica del sistema**





## 7.1. Reglas de negocio

### RN1 Campos obligatorios



**Tipo:** Restricción

**Nivel:** Controla la operación

**Versión:** 1.0

**Estatus:** Revisión

**Descripción:** La información que se proporcione en los campos marcados como obligatorios debe ser ingresada para poder continuar con la operación requerida.

**Referenciado por:** [CU2 Registrar paciente](#), [CU4 Editar información del paciente](#)

## 7.2. Actores del sistema

Los actores son los perfiles asociados a las diversas áreas que intervienen en el proceso. Se han identificado los actores de acuerdo a las actividades y responsabilidades dentro del sistema, los cuales se muestran en la figura 7.1 y se describen a continuación.

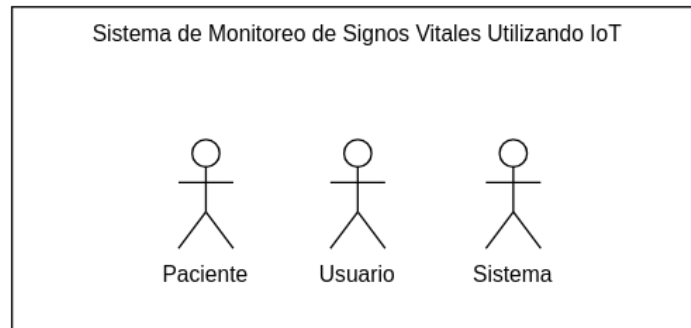


Figura 7.1: Perfiles identificados.

### 7.2.1. Paciente



**Nombre:** Paciente

**Descripción:** Representa a cualquier persona de la que se requiere el monitoreo continuo de su frecuencia cardíaca y temperatura corporal.

**Cantidad:** Uno por sistema embebido.

#### 8.1. Módulos del sistema

El sistema se encuentra organizado en módulos, con la finalidad de agrupar y administrar de mejor manera los requerimientos funcionales del sistema. Dividir el sistema en módulos permite visualizar e identificar rápidamente aquellos aspectos funcionales que pueden tratarse conjuntamente. La figura 8.1 muestra los módulos propuestos para el sistema.

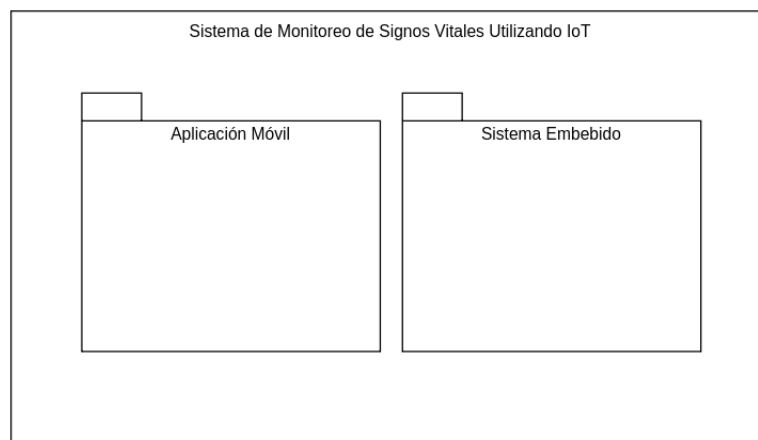


Figura 8.1: Módulos del sistema.

## 8.2. Modelo de comportamiento del módulo Aplicación Móvil

La figura 8.2 muestra los casos de uso que integran la funcionalidad del módulo Aplicación Móvil en donde se visualiza el historias de lecturas de los signos vitales medidos por el sistema embebido así como las funciones agregar, consultar, editar y eliminar información del paciente que utilice el sistema.

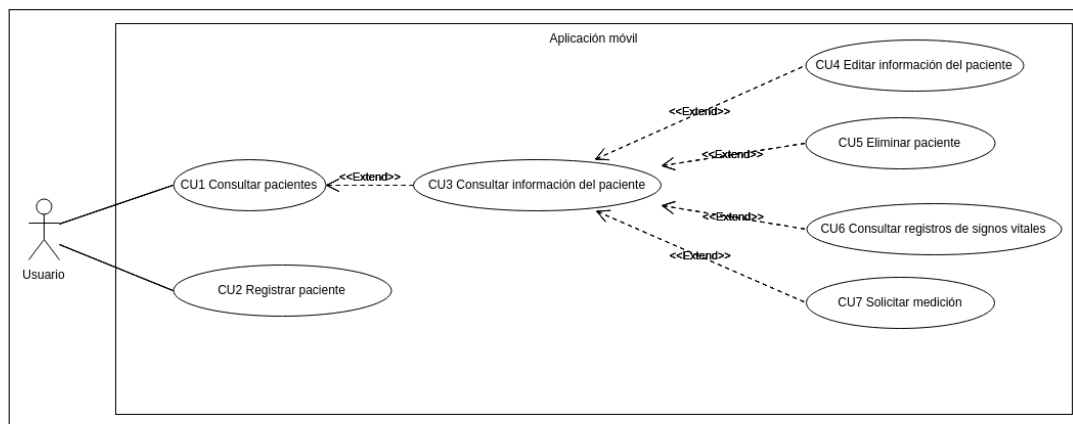


Figura 8.2: Diagrama de casos de uso del módulo Aplicación Móvil.

### 8.3. Modelo de comportamiento del módulo Sistema Externo

La figura 8.4 muestra los casos de uso que integran la funcionalidad del módulo Sistema Embebido en el cual se realiza la medición, procesamiento y envío de los valores de los signos vitales en el paciente.

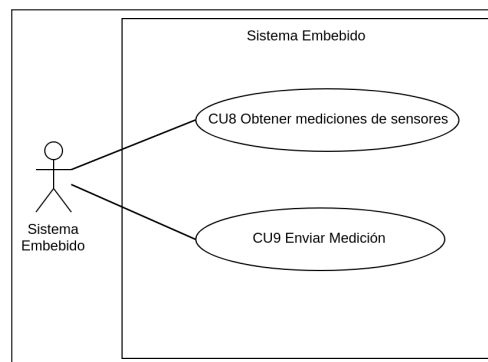


Figura 8.3: Diagrama de casos de uso del módulo Sistema Embebido.

## 8.4. Modelo de comportamiento del módulo Sistema Interno

La figura 8.4 muestra los casos de uso que integran la funcionalidad del módulo Sistema Embebido en el cual se realiza la medición, procesamiento y envío de los valores de los signos vitales en el paciente.

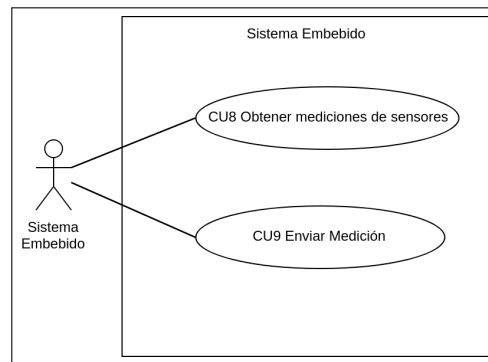


Figura 8.4: Diagrama de casos de uso del módulo Sistema Embebido.

## 8.5. Casos de uso del módulo Aplicación Móvil

En esta sección se describen los casos de uso referentes a el funcionamiento del sistema embebido.

### Elementos de un caso de uso

- **Resumen:** Descripción textual del caso de uso.
- **Actores:** Lista de los que intervienen en el caso de uso.
- **Propósito:** Una breve descripción del objetivo que busca el actor al ejecutar el caso de uso.
- **Entradas:** Lista de los datos de entrada requeridos durante la ejecución del caso de uso.
- **Salidas:** Lista de los datos de salida que presenta el sistema durante la ejecución del caso de uso.
- **Precondiciones:** Descripción de las operaciones o condiciones que se deben cumplir previamente para que el caso de uso pueda ejecutarse correctamente.
- **Postcondiciones:** Lista de los cambios que ocurrirán en el sistema después de la ejecución del caso de uso y de las consecuencias en el sistema.
- **Reglas de negocio:** Lista de las reglas que describen, limitan o controlan algún aspecto del negocio del caso de uso.
- **Errores:** Lista de los posibles errores que pueden surgir durante la ejecución del caso de uso.
- **Trayectorias:** Secuencia de los pasos que ejecutará el caso de uso.

## 8.6. CU1 Consultar pacientes



### 8.6.1. Resumen

Permite al [Usuario](#) visualizar el nombre de todos los pacientes que ha registrado, con el fin de acceder a la funcionalidades específicas de cada uno de ellos.

### 8.6.2. Descripción





<b>Caso de Uso:</b>	CU1 Consultar pacientes
<b>Versión:</b>	0.1
<b>Administración de Requerimientos</b>	
<b>Autor:</b>	María Elsi Bernabé Aparicio
<b>Operación:</b>	Consultar
<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Complejidad:</b>	Media
<b>Volatilidad:</b>	Alta
<b>Madurez:</b>	Alta
<b>Estatus:</b>	Edición
<b>Fecha del último estatus:</b>	18 de octubre de 2018
<b>Atributos</b>	
<b>Actor(es):</b>	<a href="#">Usuario</a> .
<b>Propósito:</b>	Proporcionar un mecanismo que le permita al <a href="#">Usuario</a> visualizar a todos los pacientes registrados en la aplicación móvil con el fin de controlar las distintas acciones que se puedan aplicar a un paciente.
<b>Entradas:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ninguna.</li></ul>
<b>Salidas:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nombre da cada uno de los pacientes registrados.</li></ul>
<b>Precondiciones:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ninguna.</li></ul>
<b>Postcondiciones:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ninguna.</li></ul>
<b>Reglas de negocio:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ninguna.</li></ul>
<b>Errores:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ninguno.</li></ul>



<b>Caso de Uso:</b>	CU1 Consultar pacientes
<b>Tipo:</b>	Primario




### 8.6.3. Trayectorias del caso de uso

#### Trayectoria principal

- 1  Ingresa a la aplicación desde su dispositivo móvil.
  - 2  Obtiene el nombre de los pacientes registrados.
  - 3  Muestra la pantalla [IU1 Consultar pacientes](#) con una lista de todos los pacientes registrados.
  - 4  Visualiza la lista de pacientes y controla las acciones posibles de realizar.  
[Trayectoria A]
- - - Fin del caso de uso.

#### Trayectoria alternativa A:

**Condición:** El actor requiere buscar un paciente de la lista.

- A-1  Ingresa el nombre del paciente.
  - A-2  Obtiene las coincidencias de la información ingresada con el nombre de los pacientes registrados.
  - A-3  Muestra el nombre de todos los pacientes que coinciden con la búsqueda.
- - - Fin del caso de uso.

### 8.6.4. Puntos de extensión

**Causa de la extensión:** El actor consultar la información de un paciente en específico..

**Región de la trayectoria:** Paso 4 de la trayectoria principal.

**Extiende a:** [CU3 Consultar información del paciente](#).



---

### Modelo de Interacción con el Usuario

---

#### 9.1. Entorno de trabajo

El entorno de trabajo es el medio por el cual el usuario interactúa con el sistema para poder acceder a la información registrada referente a los pacientes, así como a las mediciones de interés de temperatura y frecuencia. En este capítulo se describe el comportamiento y los elementos que conforman el entorno de trabajo de la aplicación, como son: la disposición de los elementos principales y comunes de las pantallas, la iconografía, componentes, etc.

**El presente capítulo tiene los siguientes objetivos:**

- Describir las áreas principales del entorno de trabajo.
- Describir la iconografía utilizada en las pantallas.
- Describir el mapa de navegación del sistema.
- Describir los componentes principales de las pantallas, tales como: controles de entrada, datos obligatorios, separadores, tablas de resultados, entre otros.

## 9.2. Interfaces de usuario

### 9.2.1. IU1 Consultar pacientes


#### Objetivo

Esta pantalla permite al [Usuario](#) visualizar a todos los pacientes registrados en la aplicación móvil con el fin de controlar las distintas acciones que se puedan aplicar a un paciente.


#### Diseño

En la figura [9.1](#) se muestra la pantalla "Consultar pacientes", por medio de la cual el usuario podrá ingresar a las distintas funcionalidades del sistema. En la parte superior se muestra el componente que le permite buscar a los pacientes registrados, con el cual se filtrarán y se mostrarán las coincidencias de búsqueda dependiendo de la entrada que ingrese el usuario.

En la pantalla se muestra también la lista de todos los pacientes registrados, dicha lista se ordena alfabéticamente por nombre y al seleccionar uno de ellos, el actor podrá ingresar a las funciones específicas de un paciente.

Por medio de esta pantalla el actor podrá también registrar un nuevo paciente mediante el icono .

#### Comandos

-  [Registrar paciente]: Permite al actor registrar los datos de un nuevo paciente. Dirige a la pantalla [IU2 Registrar paciente](#).

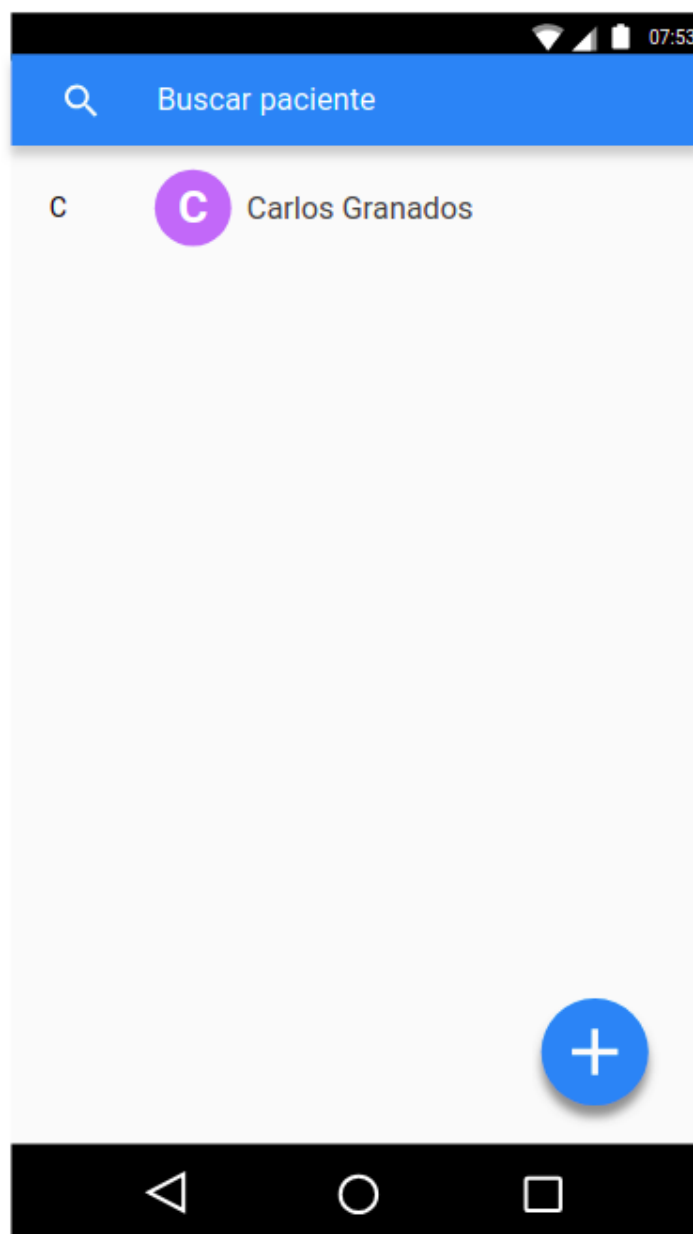


Figura 9.1: IU1 Consultar pacientes

## 9.3. Diseño de mensajes

En esta sección se describen los mensajes utilizados en el prototipo actual del sistema. Los mensajes se refieren a todos aquellos avisos que el sistema muestra al actor a través de la pantalla debido a diversas razones, por ejemplo: informar acerca de algún fallo en el sistema o para notificar acerca de alguna operación importante sobre la información.

### 9.3.1. Parámetros comunes

Cuando un mensaje es recurrente se parametrizan sus elementos, por ejemplo los mensajes: “Aún no existen registros de *escuelas* en el sistema.”, “Aún no existen registros de *responsables del programa* en el sistema.”, “Aún no existen registros de *integrantes de líneas de acción* en el sistema.”, tienen una estructura similar por lo que para definir el mensaje se utilizan parámetros, con el objetivo de que el mensaje sea genérico y pueda utilizarse en todos los casos que se considere necesario.

Los parámetros también se utilizan cuando la redacción del mensaje tiene datos que son ingresados por el actor o que dependen del resultado de la operación, por ejemplo: “La *escuela 15DPR2497K* ha sido *modificada* exitosamente.”. En este caso la redacción se presenta parametrizada de la forma: “DETERMINADO ENTIDAD VALOR ha sido OPERACIÓN exitosamente.” y los parámetros se describen de la siguiente forma:

- DETERMINADO ENTIDAD: Es un artículo determinado más el nombre de la entidad sobre la cual se realizó la acción.
- VALOR: Es el valor asignado al atributo de la entidad, generalmente es el nombre o la clave.
- OPERACIÓN: Es la acción que el actor solicitó realizar.

En el ejemplo anterior se hace referencia a VALOR, es decir: *15DPR2497K* es el **valor** de la entidad **escuela**. Cada mensaje enlista los parámetros que utiliza, sin embargo aquí se definen los más comunes a fin de simplificar la descripción de los mensajes:

**ARTÍCULO:** Se refiere a un *artículo* el cual puede ser DETERMINADO (El | La | Lo | Los | Las) o INDETERMINADO (Un | Una | Uno | Unos | Unas) se aplica generalmente sobre una ENTIDAD, ATRIBUTO o VALOR.

**CAMPO:** Se refiere a un campo del formulario. Por lo regular es el nombre de un atributo en una entidad.

**CONDICIÓN:** Define una expresión booleana cuyo resultado deriva en *falso* o *verdadero* y suele ser la causa del mensaje.

**DATO:** Es un sustantivo y generalmente se refiere a un atributo de una entidad descrito en el modelo estructural del negocio, por ejemplo: número de incendio, brigada de apoyo del incendio, uso de suelo autorizado del predio, etc.

**ENTIDAD:** Es un sustantivo y generalmente se refiere a una entidad del modelo estructural del negocio, por ejemplo: incendio, pago por servicios ambientales hidrológicos, reforestación, etc.

**OPERACIÓN:** Se refiere a una acción que se debe realizar sobre los datos de una o varias entidades. Por ejemplo: registrar, eliminar, actualizar, etc. Comúnmente la OPERACIÓN va concatenada con el sustantivo, por ejemplo: Registro de un nuevo beneficio, registro de una actividad, eliminar una tarea, etc.

**VALOR:** Es un sustantivo concreto y generalmente se refiere a un valor en específico. Por ejemplo: "2014-003", que es un valor concreto del DATO de la ENTIDAD "incendio".

**TAMAÑO:** Es el tamaño del atributo de una entidad, el cual se encuentra definido en el diccionario de datos.

**MOTIVO:** Es una explicación acerca de la operación que se pretende realizar.

### 9.3.2. Mensajes a través de la pantalla

#### MSG1 Operación realizada exitosamente



**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** En la parte superior de la pantalla

**Objetivo:** Notificar al actor que la acción solicitada fue realizada exitosamente.

**Redacción:** DETERMINADO ENTIDAD VALOR ha sido OPERACIÓN exitosamente.

**Parámetros:** El mensaje se muestra con base en los siguientes parámetros:

- DETERMINADO ENTIDAD: Es un artículo determinado más el nombre de la entidad sobre la cual se realizó la acción.
- VALOR: Es el valor asignado al atributo de la entidad, generalmente es el nombre o la clave.



- OPERACIÓN: Es la acción que el actor solicitó realizar.

**Ejemplo:** *El paciente Carlos Granados ha sido registrado exitosamente.*

**Referenciado por:** [CU2 Registrar paciente](#), [CU4 Editar información del paciente](#)



# **Parte II**

## **Implementación**



## CAPÍTULO 10

---

### Avances y pruebas

---

El presente capítulo incluye las pruebas presentadas como avance para la primera parte de este trabajo terminal. El contenido más detallado de éste capítulo se menciona a continuación:

- Pruebas unitarias y digitalización de señales analógicas de pulso cardíaco.
- Pruebas unitarias del sensor de temperatura.
- Pruebas unitarias del módulo GSM Telit GL865-QUAD.
- Primer diseño de las interfaces a implementar en la aplicación móvil.

### 10.1. Sensores de pulso

Para determinar si los sensores de pulso elegidos funcionarían para el cálculo de la frecuencia cardíaca de un paciente, se realizaron pruebas unitarias con el fin de visualizar la onda de salida entregada por ambos sensores en un osciloscopio y verificar su funcionamiento.

Las pruebas realizadas se dividieron en dos fases, las cuales se describen a continuación.

- **Obtención de señal analógica:** En esta fase se conectaron los sensores de acuerdo a lo especificado en su hoja de datos. La señal de salida de cada sensor fue visualizada en el osciloscopio.



- **Digitalización de señal obtenida:** En esta fase de las pruebas se realizó el código en lenguaje ensamblador y c para digitalizar cada una de esas señales con el uso del ADC del microcontrolador.

---

## Referencias

---

- [1] OECD (2016), OECD Reviews of Health Systems: Mexico 2016, OECD Publishing, Paris. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264230491-en>