



**Trabajo Final de Graduación para optar por el título  
Bachiller en Ingeniería en Computación**

**“Sistema para el control Metrológico  
MTRLG”**

**Juan Diego Solís Smith**

**Carrera Ingeniería en Computación**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Prof. Asesor: Leonardo Viquez**

**Sede San Carlos**

**11 de junio, 2010**

## Resumen Ejecutivo

En la búsqueda del mejoramiento de la calidad en los productos derivados de la caña de azúcar se utiliza una serie de equipos que miden varios componentes que conforman el producto final, esto durante todo el proceso de producción. Estos equipos deben de estar calibrados bajo estándares internacionales para el cumplimiento de los estándares de ISO 9000

Le corresponde precisamente al departamento de aseguramiento de la calidad de la central azucarera tempisque S.A. CATSA, demostrar que los productos que obtienen de sus procesos son de la más alta calidad.

Para esto es necesario que los equipos se encuentren calibrados en todo momento, de manera que siempre se obtengan resultados de las mediciones lo más cercanos a la realidad, y así estos sean validos para decir si los productos son de calidad o no.

Se debe tener presente que para que los equipos estén siempre calibrados se deben verificar cada cierto tiempo el cual varía según el tipo de instrumento y el uso que se le dé. Existen equipos que se verifican internamente los cuales solo tienen un costo de tiempo dentro de la empresa, pero existen otros que deben verificarse y/o calibrarse externamente, lo cual genera un gran gasto, ya que algunas calibraciones pueden rondar los \$500,000.00, por lo cual se procederá a mejorar el control que se lleva sobre estas calibraciones y verificaciones de manera que se pueda escoger una frecuencia optima para cada instrumento donde se reduzca al máximo posible los costos de tiempo y dinero que conlleva realizar estas acciones.

Actualmente este control se lleva en papel y de forma manual, lo cual dificulta la apreciación de los patrones de comportamiento de los equipos de medición, cada equipo tiene una "hoja de vida" donde se registran todas las acciones (calibraciones y verificaciones) que se les realizan, estos registros se almacenan, y por lo difícil que es relacionar la información de esta forma estos registros se mantiene almacenados y aportando muy poco a la situación que se tiene.

Lo que se implementara es un sistema que sea capaz llevar un control electrónico y automático de los registros en un sistema que permita generar gráficos sobre el comportamiento de los equipos para ver si es necesario modificar la frecuencia de calibración de estos de manera que se evite hacer una acción de estas antes de lo necesario. Así como mantener un mejor control sobre los equipos activos e inactivos. Esta herramienta será realizada con la herramienta "Application Express" de Oracle, que tiene facilidades para el desarrollo en una aplicación de este tipo ya que permite a los usuarios finales modificar reportes de una forma fácil y rápida sin o con poca ayuda de un desarrollador.



## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| CAPITULO 1 .....                             | 5  |
| DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....               | 5  |
| 1.1. Descripción general del proyecto .....  | 5  |
| 1.2. Antecedentes del proyecto .....         | 5  |
| 1.3. Objetivo General .....                  | 6  |
| 1.4. Específicos .....                       | 6  |
| 1.5. Alcances .....                          | 6  |
| 1.6. Riesgos .....                           | 7  |
| CAPITULO 2 .....                             | 9  |
| Arquitectura Conceptual de la Solución ..... | 9  |
| 2.1 Diagrama de Clases .....                 | 9  |
| 2.2 Subsistemas .....                        | 10 |
| 2.3 Interfaces de Usuario .....              | 11 |
| 2.4 Componentes y servicios .....            | 26 |
| 2.5 Diagrama Entidad-Relación .....          | 28 |
| 2.6 Descriptcion De La Base De Datos .....   | 30 |
| CAPITULO 3 .....                             | 36 |
| Conclusiones y Comentarios .....             | 36 |
| 3.1. Conclusiones .....                      | 36 |
| 3.2. Recomendaciones .....                   | 37 |

# **CAPITULO 1**

## **DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

---

### **1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

Se desea implementar una base de datos dónde se almacene los registros de las calibraciones y verificaciones de los equipos de medición del laboratorio de calidad de CATSA, esto para cumplir con normativas de ISO 9000, así como generar reportes que permitan llevar un mejor control de la frecuencia de calibración de los equipos así como de los instrumentos activos e inactivos.

### **1.2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

Actualmente la información de metrología del departamento de control de calidad de la empresa es llevada manualmente en libros destinados para este efecto.

El sistema de metrología es parte de la norma ISO-9000, donde se exige la calibración de cada uno de los equipos de medición.

Ejemplos de equipos de medición lo son: polarímetros, refractómetros, phmetros, balanzas, etc.

En cada calibración se exige que exista una referencia de calibración, denominada MRC (Material de referencia calificado).

Dado que cada equipo de medición, se calibra con otro ya calibrado, y éste a su vez cumple con la misma norma, y así sucesivamente, se le conoce como Cadena de Calibración o Trazabilidad. Se dice que mientras exista esta trazabilidad, la calibración es válida.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una aplicación que permita el control de verificaciones y calibraciones de los instrumentos y patrones que se encuentran en control metrológico.

### **1.4. ESPECÍFICOS**

Mejorar el control de las verificaciones y calibraciones de los equipos y patrones.

Hacer más eficiente las calibraciones de manera que se hagan en intervalos más eficientes.

### **1.5. ALCANCES**

El sistema estará delimitado por las funciones que realizan los analistas, coordinadores y encargados de los equipos en control metrológico, en cuanto a la verificación y calibración de los equipos y patrones.

Se incluye dentro de los alcances, los equipos que se encuentran actualmente dentro del control metrológico, y los documentos utilizados para realizar los reportes.

Se proveerá a los coordinadores y jefes de calidad de reportes para la revisión y control de las verificaciones y as calibraciones.

Mejorar el control para efectos de ISO 9000

## **1.6. RIESGOS**

A continuación se enumeran los riesgos que pueden existir en el proyecto de desarrollo del sistema de herramientas y equipos de seguridad:

- a. Es importante que la información entregada por los usuarios y que es recopilada en las etapas de análisis y diseño sea correcta, dado que toda la aplicación estará basada en los requerimientos que se enumeren antes de la programación.
- b. Debe existir la disponibilidad de los involucrados y patrocinadores, para evaluar cada uno de los entregables del proyecto, así como las reuniones que sean programadas para revisión de requerimientos.
- c. Los cambios de requerimientos luego de la etapa de diseño implicarán modificaciones a la estructuración del sistema, las cuales pueden generar atrasos considerables en el desarrollo, o inclusive, en el peor de los casos, regreso a las etapas iniciales.
- d. Los usuarios deben comprender el impacto de los requerimientos en los distintos procesos de la empresa, para evitar inconsistencias en otros sistemas con la nueva implementación.
- e. En caso de que exista un cambio en la administración de la división o la empresa durante el proceso de desarrollo del proyecto, es necesario validar si los requerimientos están acorde con la gerencia entrante, para garantizar la puesta en marcha del sistema.

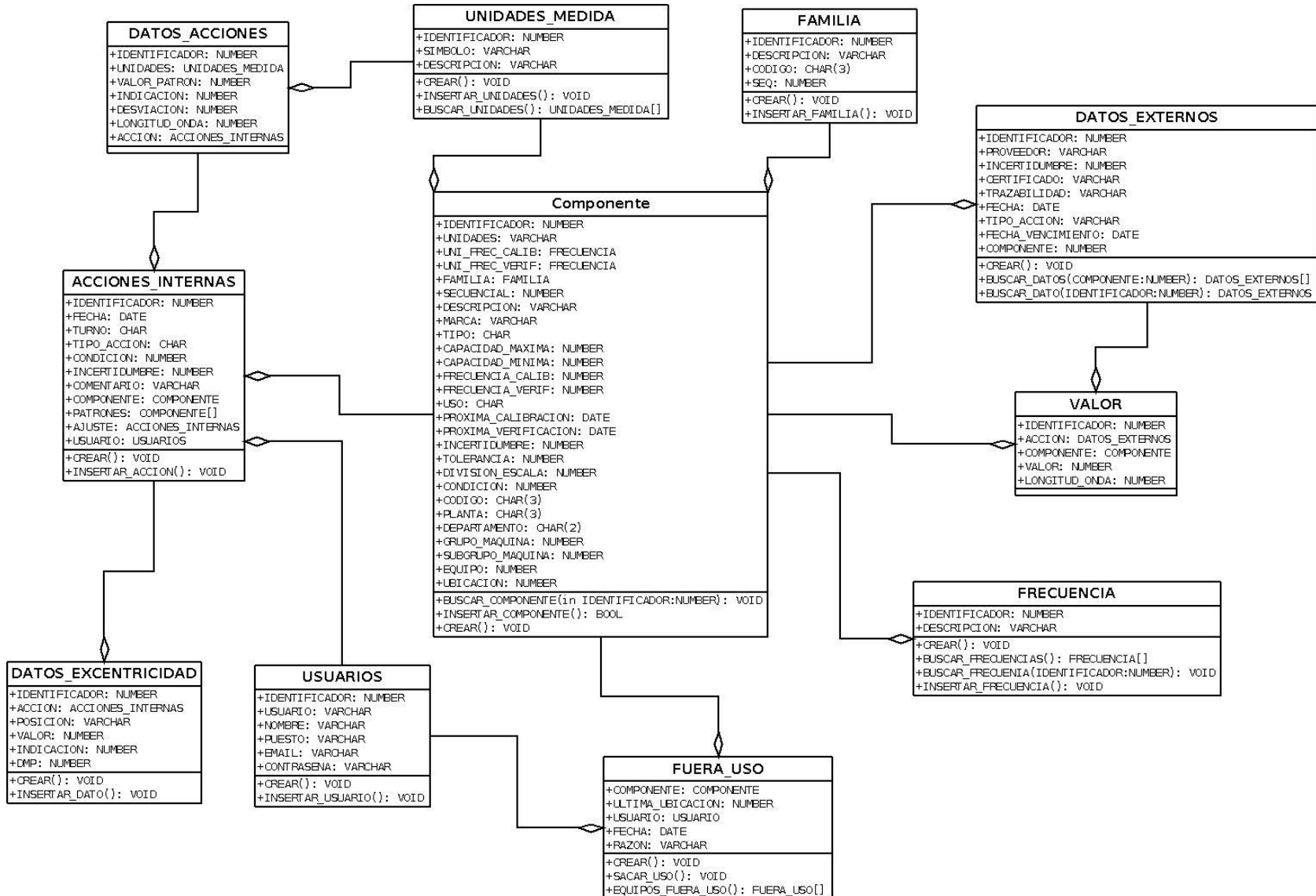




# CAPITULO 2

## ARQUITECTURA CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN

### 2.1 DIAGRAMA DE CLASES



## **2.2 SUBSISTEMAS**

El sistema de Metrología no interactúa directamente con ningún otro sistema, solamente toma ciertos datos de las tablas del sistema de “Mantenimiento Industrial”, los datos que se toman son básicamente para lo que es la ubicación de los equipos, ya que en las tablas de este otro sistema están ya están definidas las plantas con sus departamentos y las ubicaciones dentro de estos.

## 2.3 INTERFACES DE USUARIO

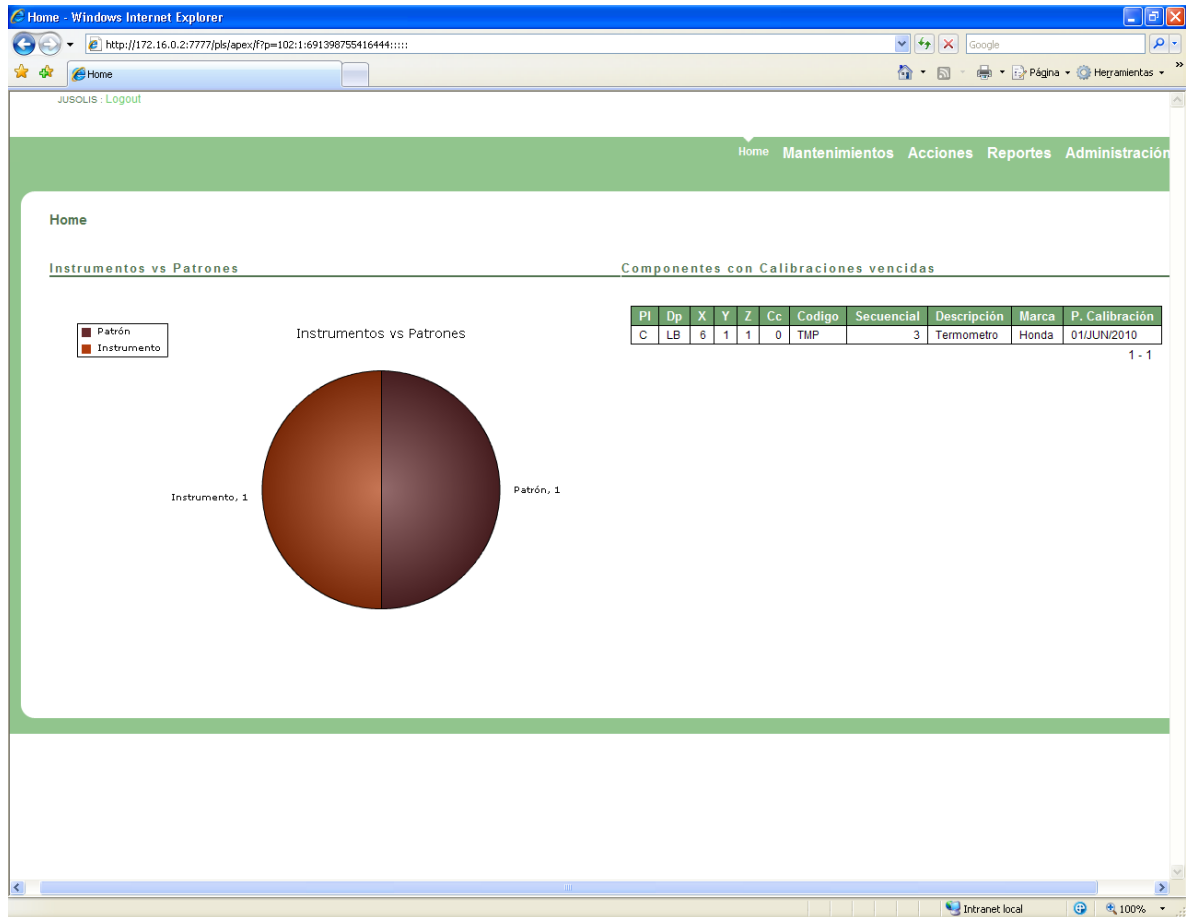


ILUSTRACIÓN 1

PAGINA DE INICIO

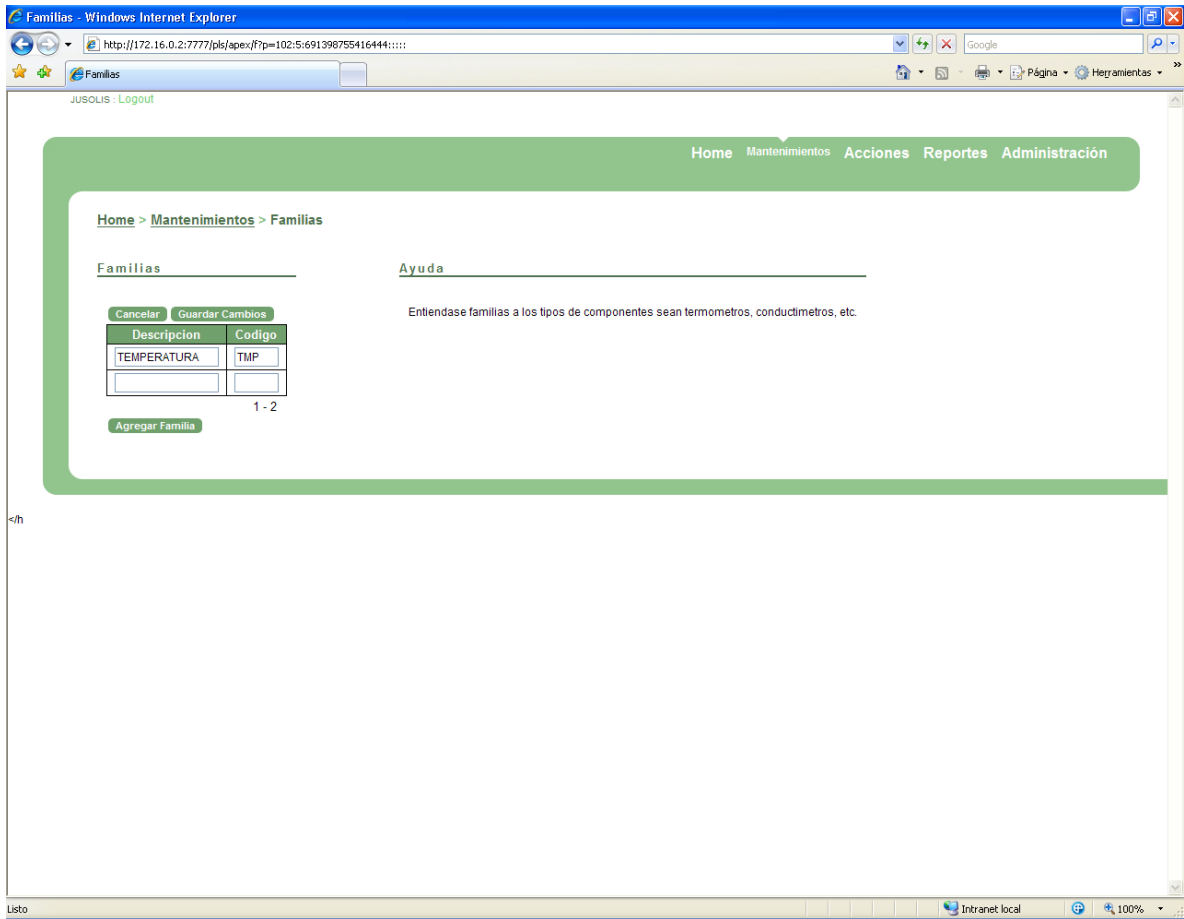


ILUSTRACIÓN 2

## INSERCIÓN DE FAMILIAS

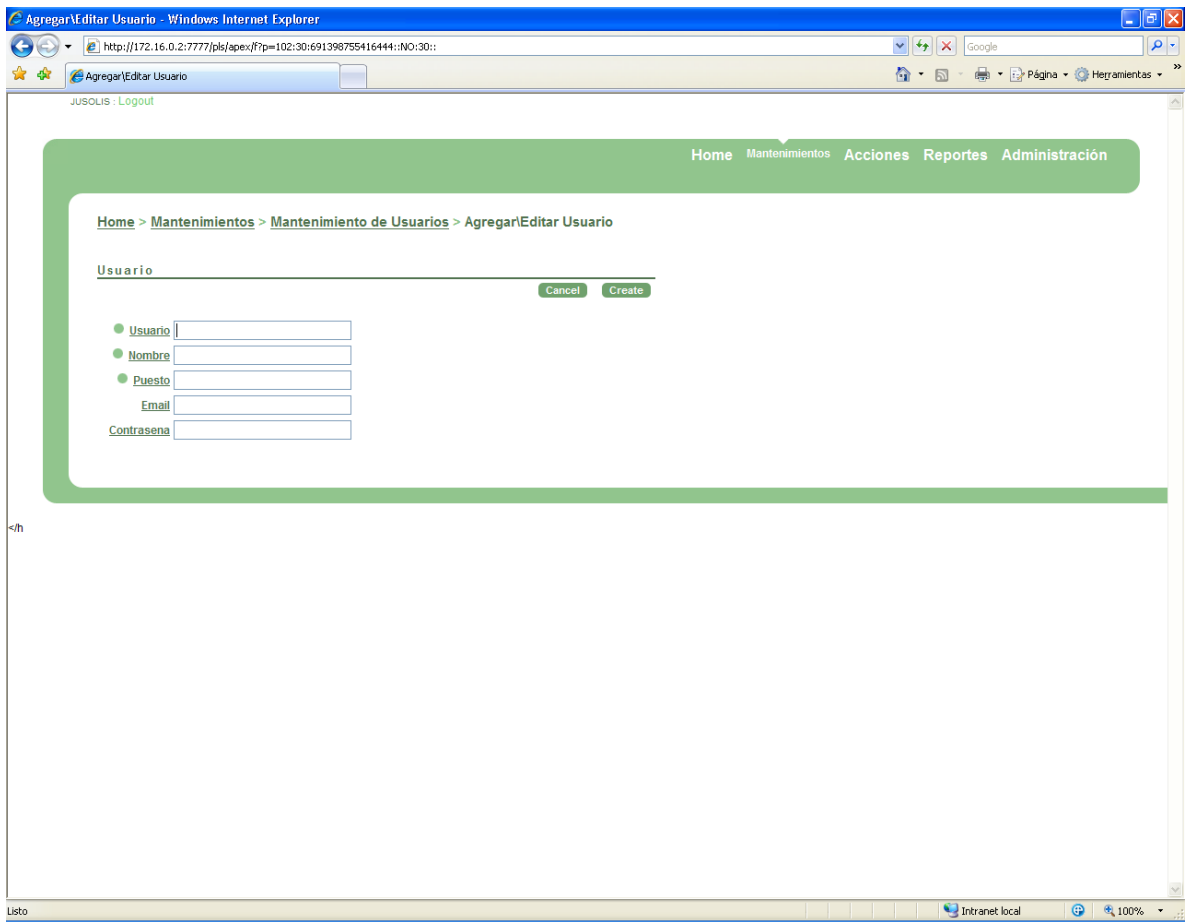


ILUSTRACIÓN 3

## INSERCIÓN DE USUARIOS

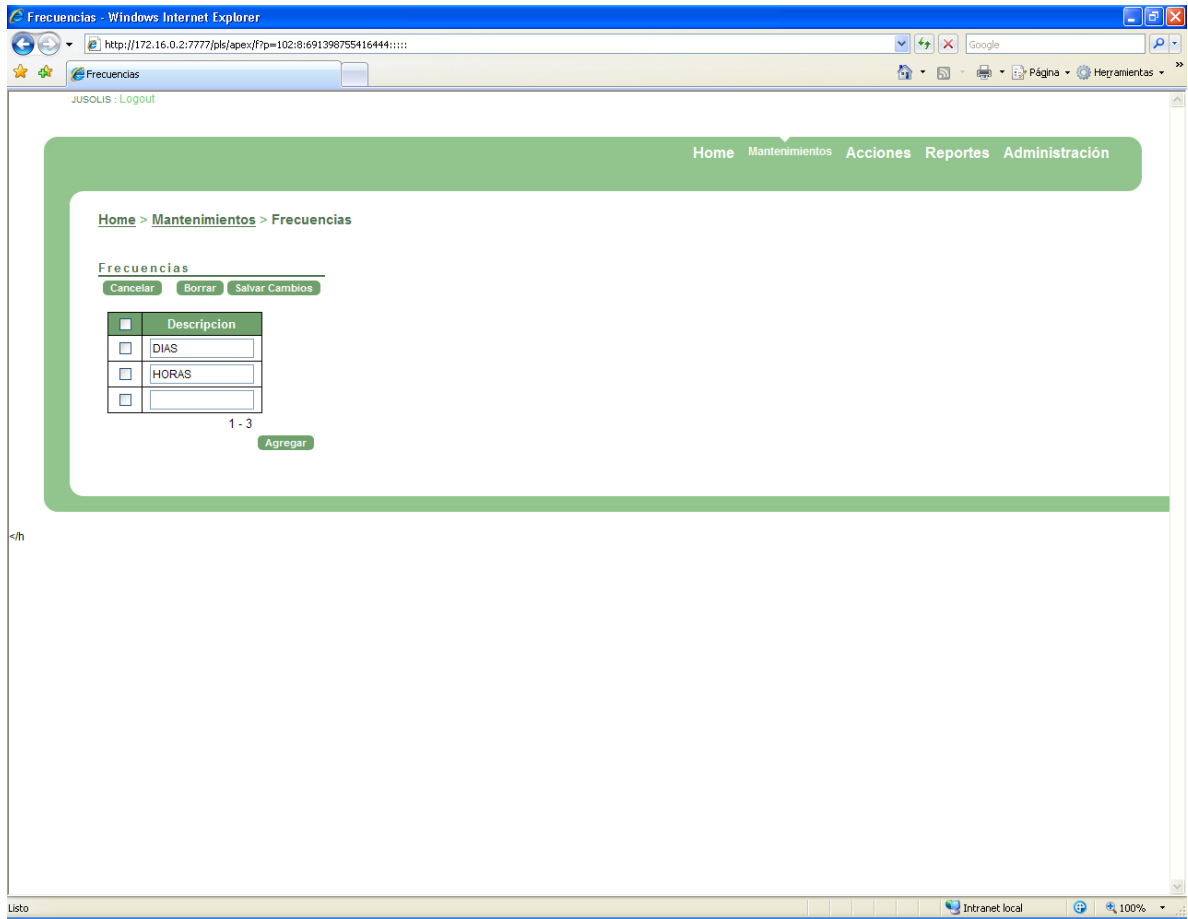


ILUSTRACIÓN 4

## INSERCIÓN DE FRECUENCIAS

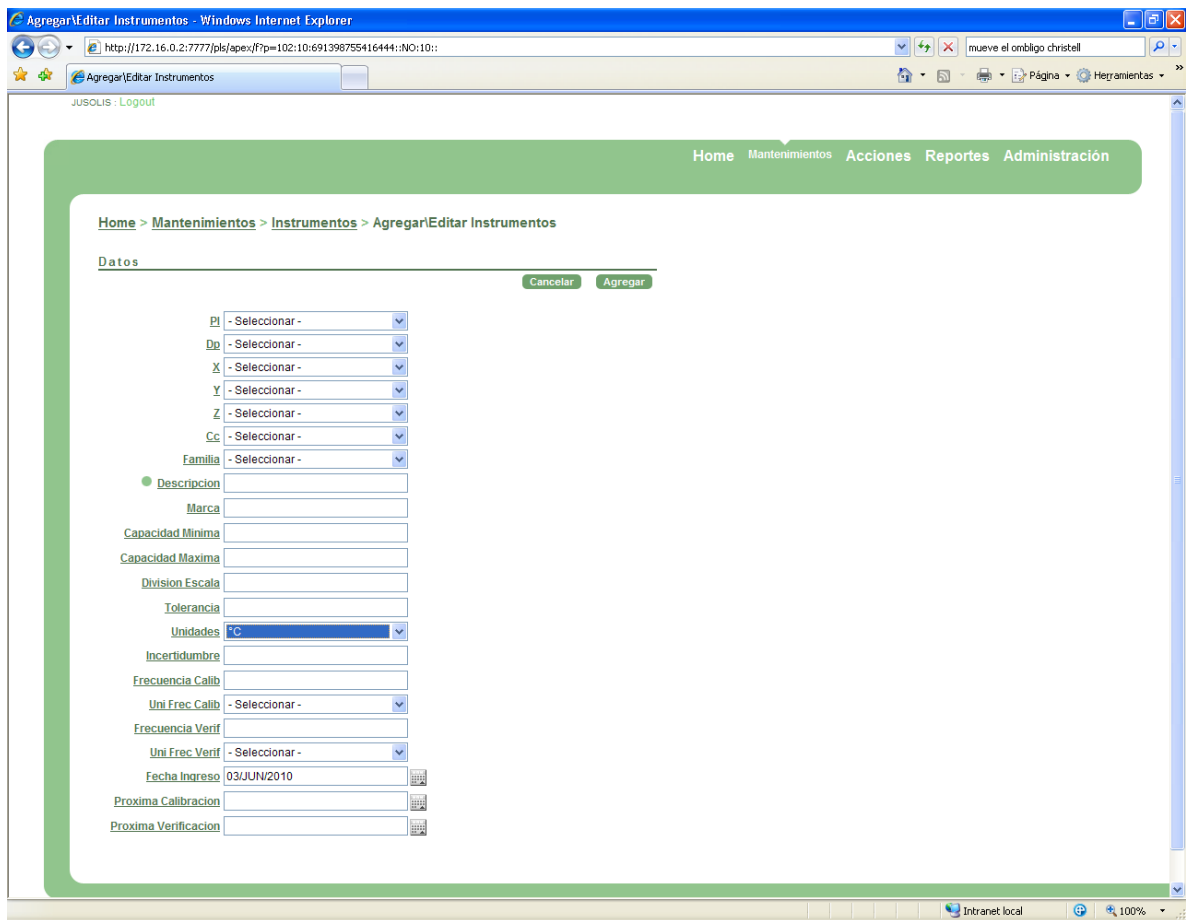


ILUSTRACIÓN 5

## INSERCIÓN DE INSTRUMENTOS

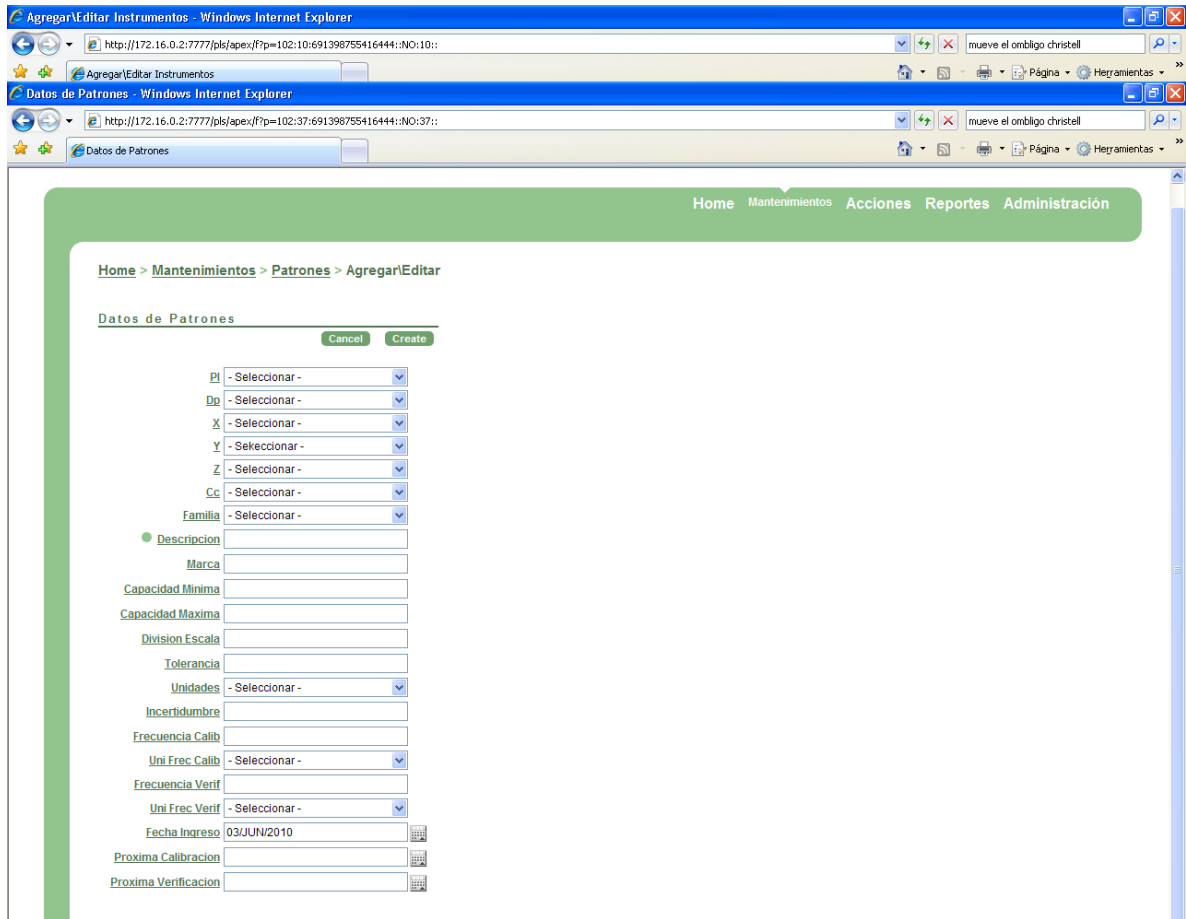


ILUSTRACIÓN 6

## INSERCIÓN DE PATRONES



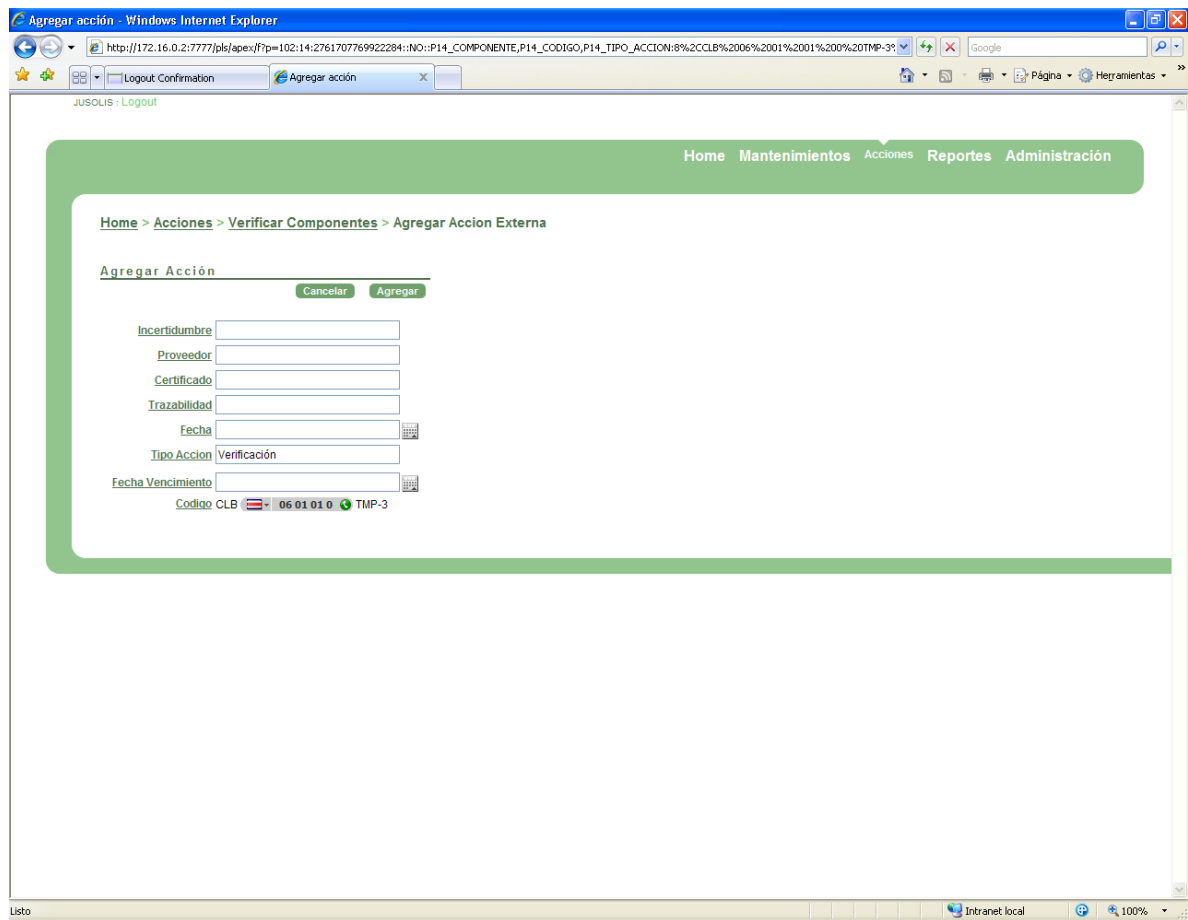


ILUSTRACIÓN 7

INSERCIÓN DE UNA VERIFICACIÓN O CALIBRACIÓN EXTERNA

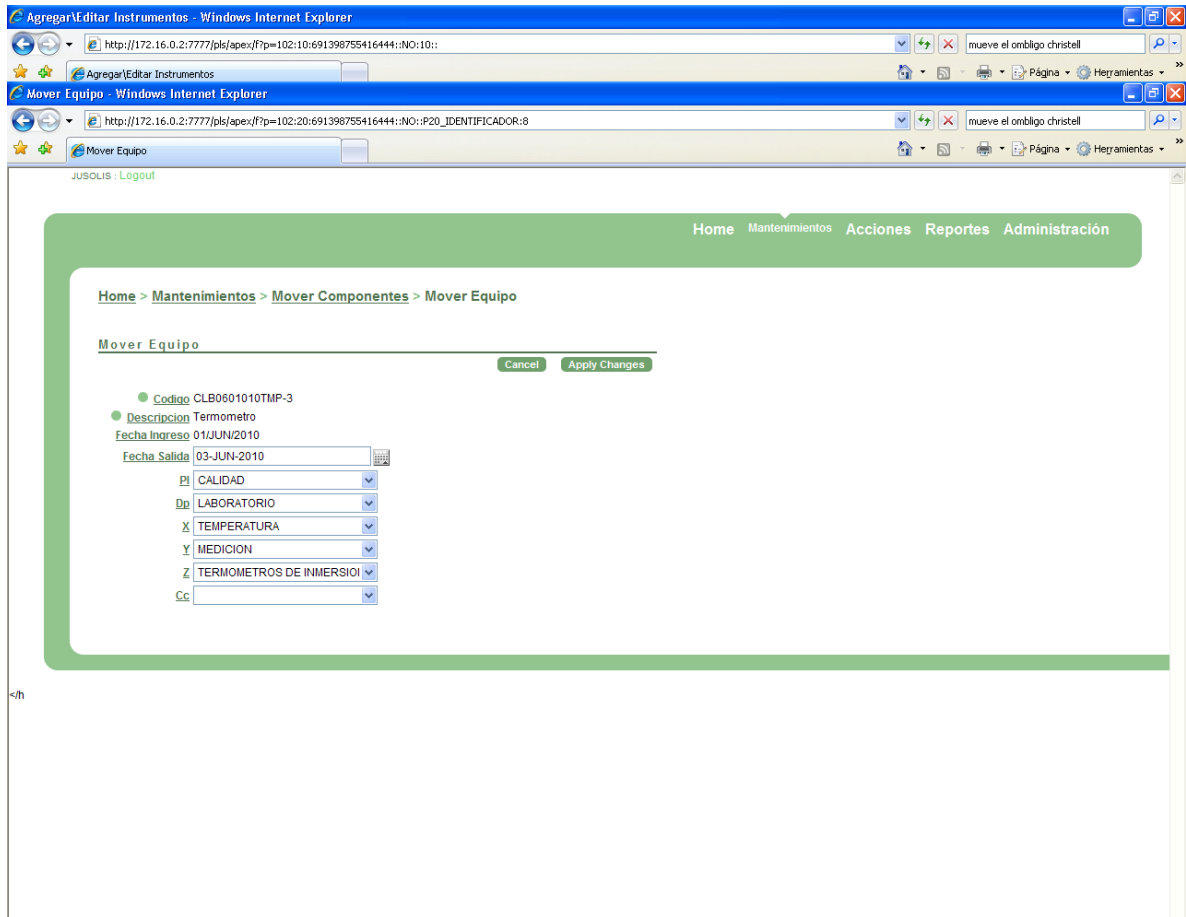


ILUSTRACIÓN 8

## CAMBIAR LA UBICACION DE UN EQUIPO

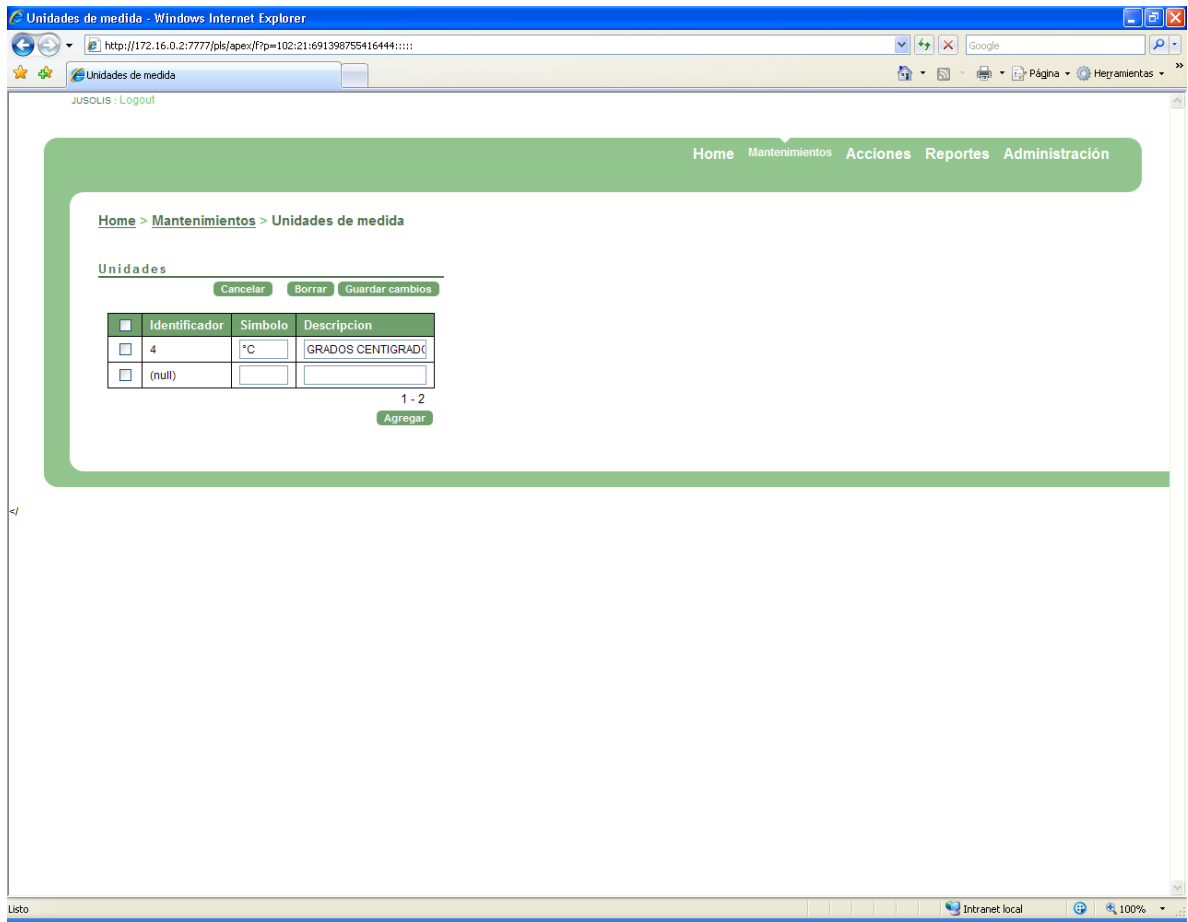


ILUSTRACIÓN 9

## INSERCIÓN DE UNIDADES DE MEDIDA

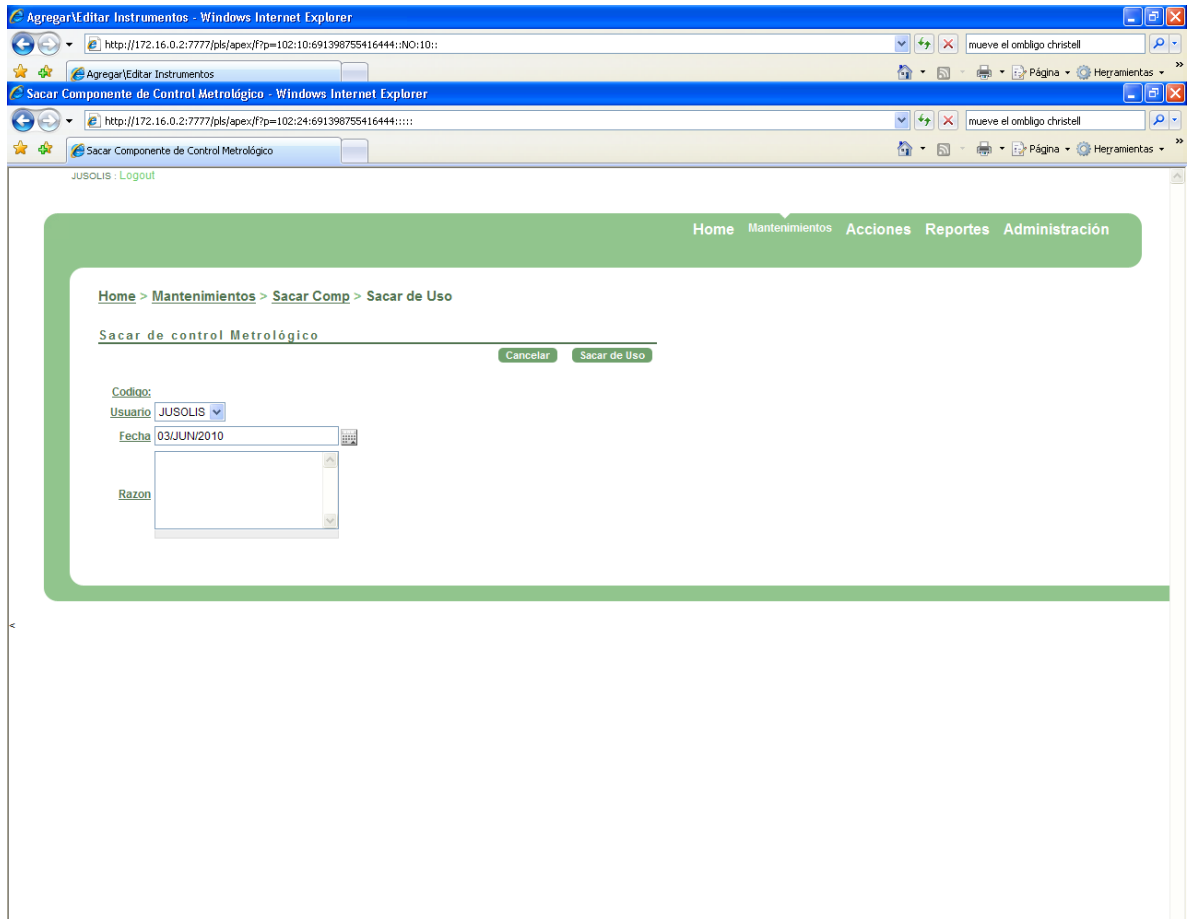


ILUSTRACIÓN 10

## SACAR DE USO UN EQUIPO

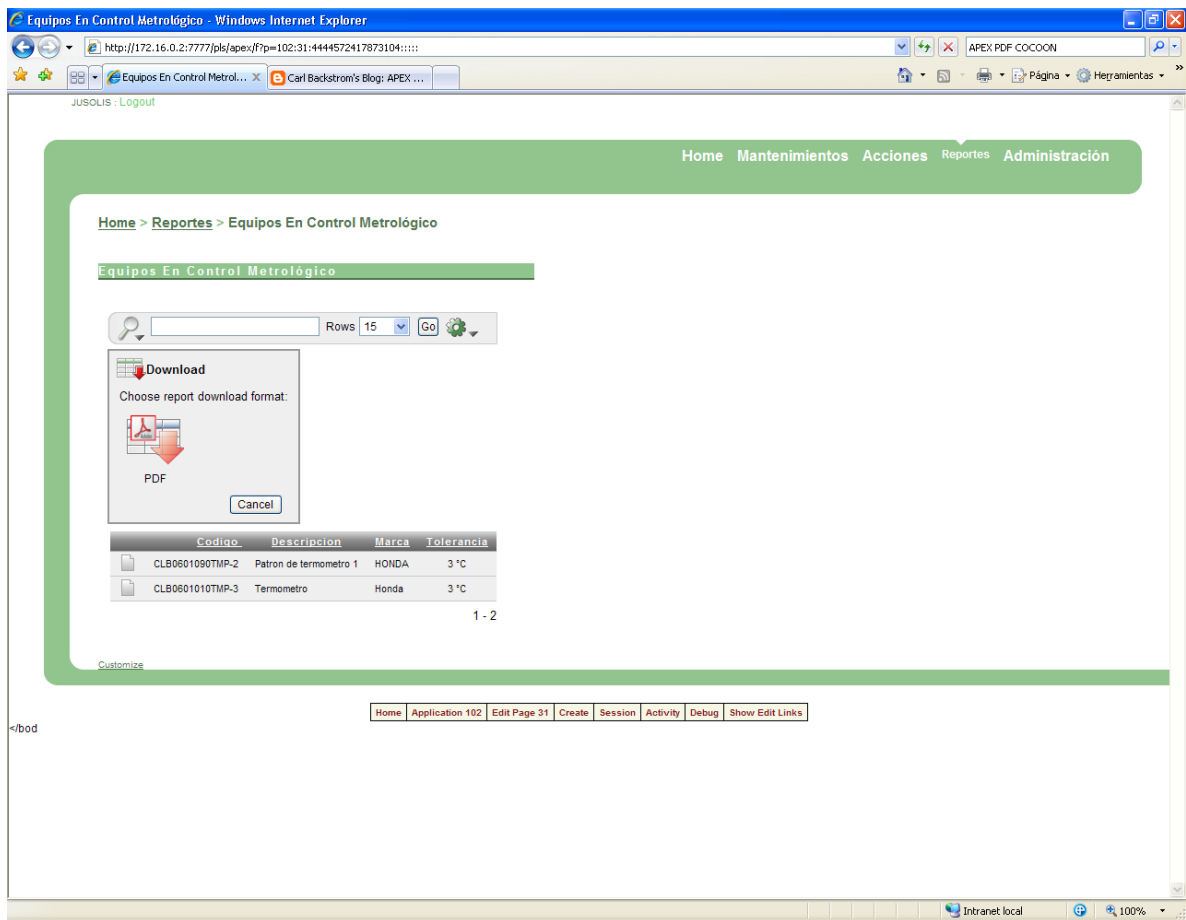


ILUSTRACIÓN 11

EQUIPOS BAJO CONTROL (REPORTS NO VARIAN MUCHO UNO DE OTRO)

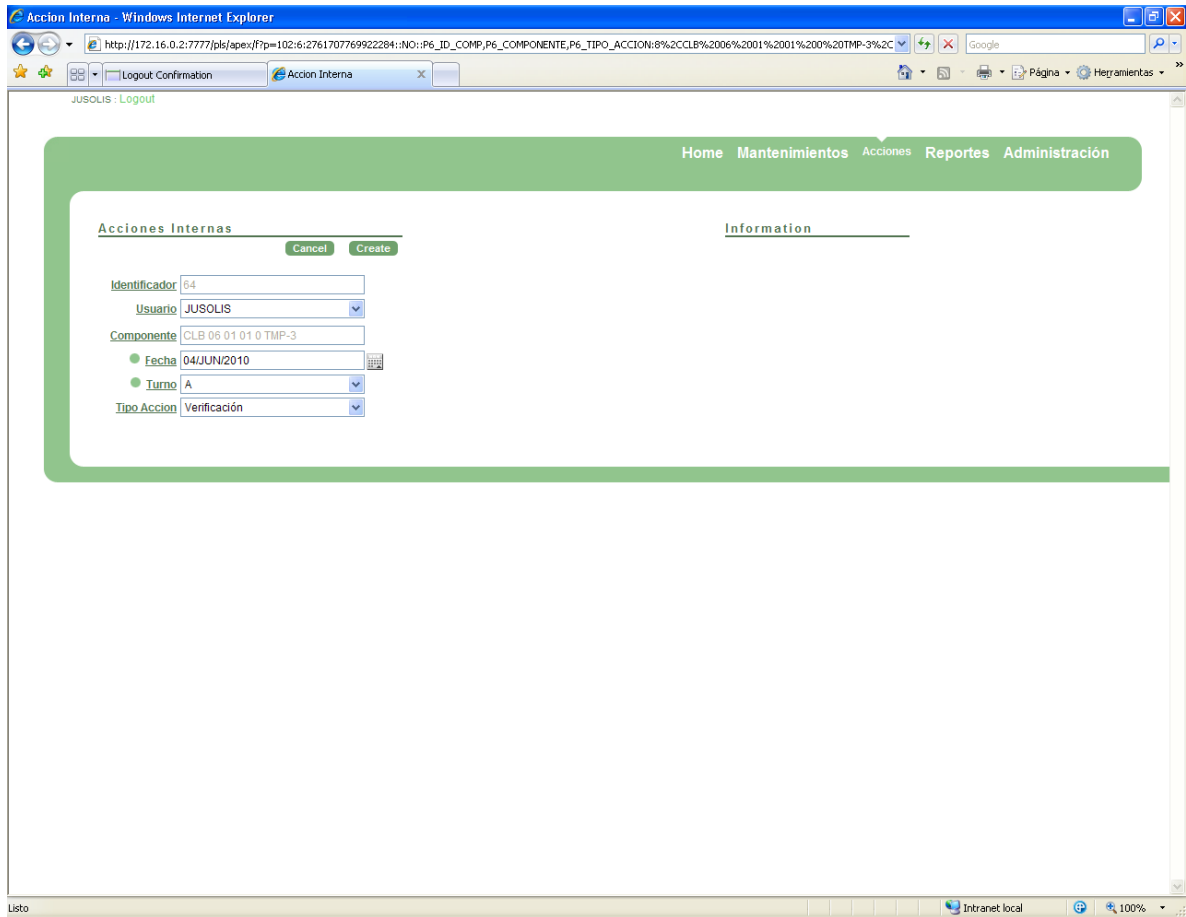


ILUSTRACIÓN 12

PRIMERA PARTE DE LA INSERCIÓN DE UNA VERIFICACIÓN O CALIBRACIÓN INTERNA

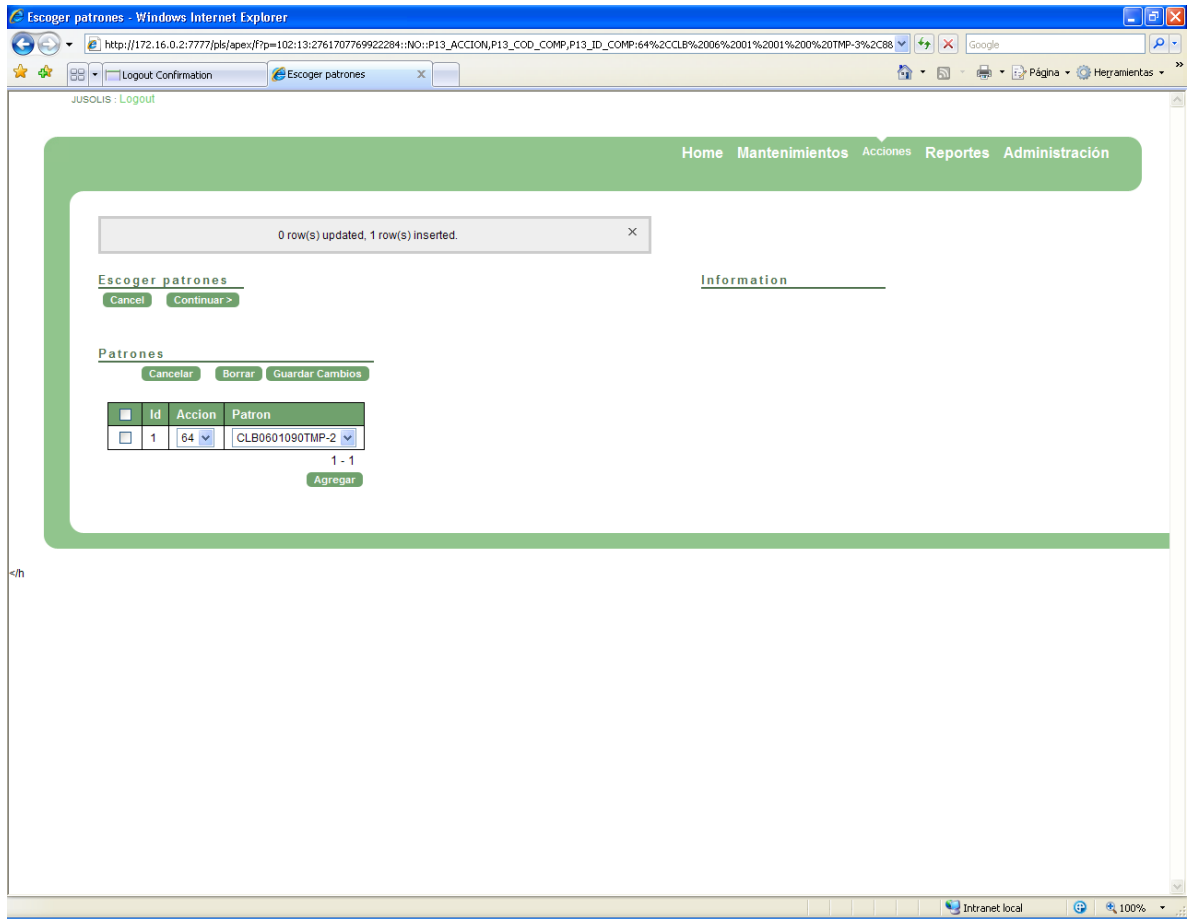


ILUSTRACIÓN 13

SEGUNDA PARTE DE LA INSERCIÓN DE UNA VERIFICACIÓN\CALIBRACIÓN INTERNA

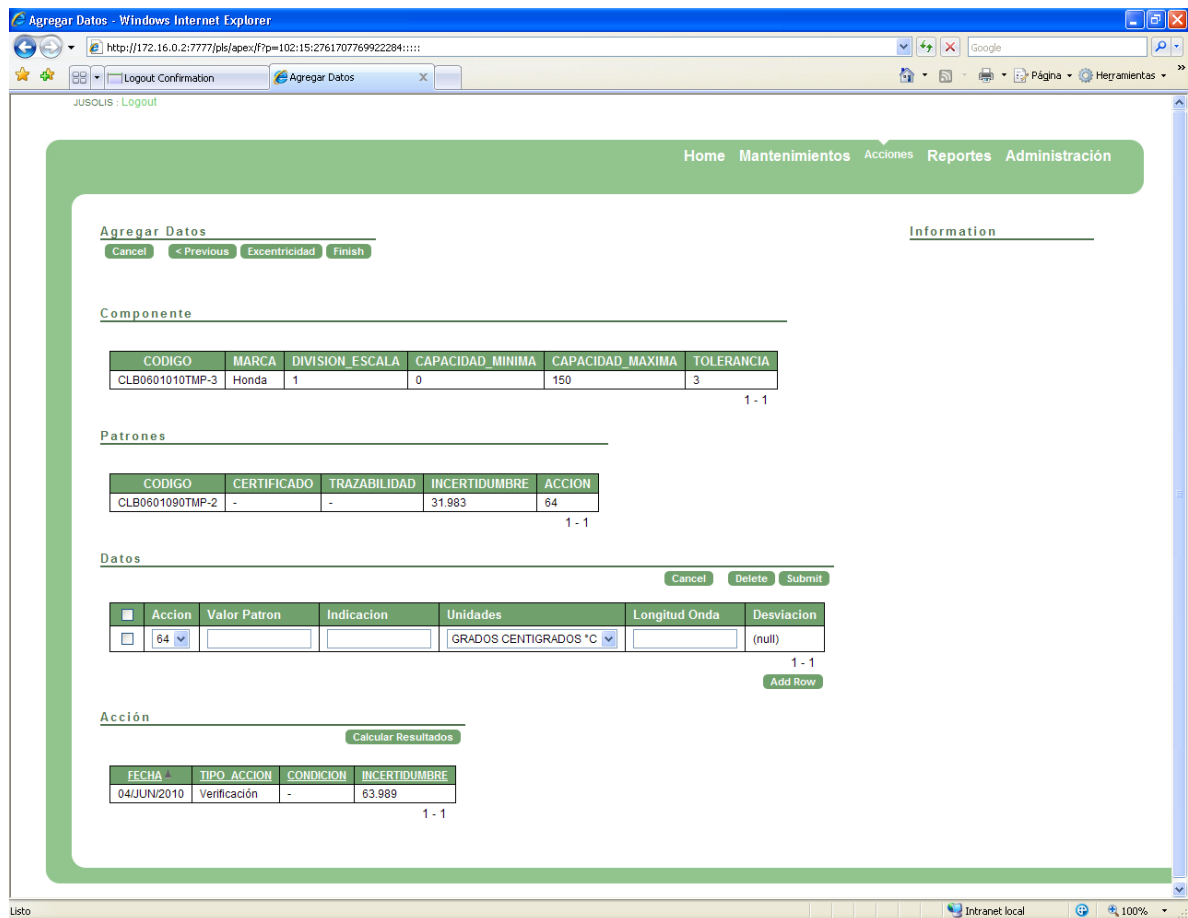


ILUSTRACIÓN 14

TERCERA PARTE DE LA INSERCIÓN DE UNA VERIFICACIÓN O CALIBRACIÓN INTERNA



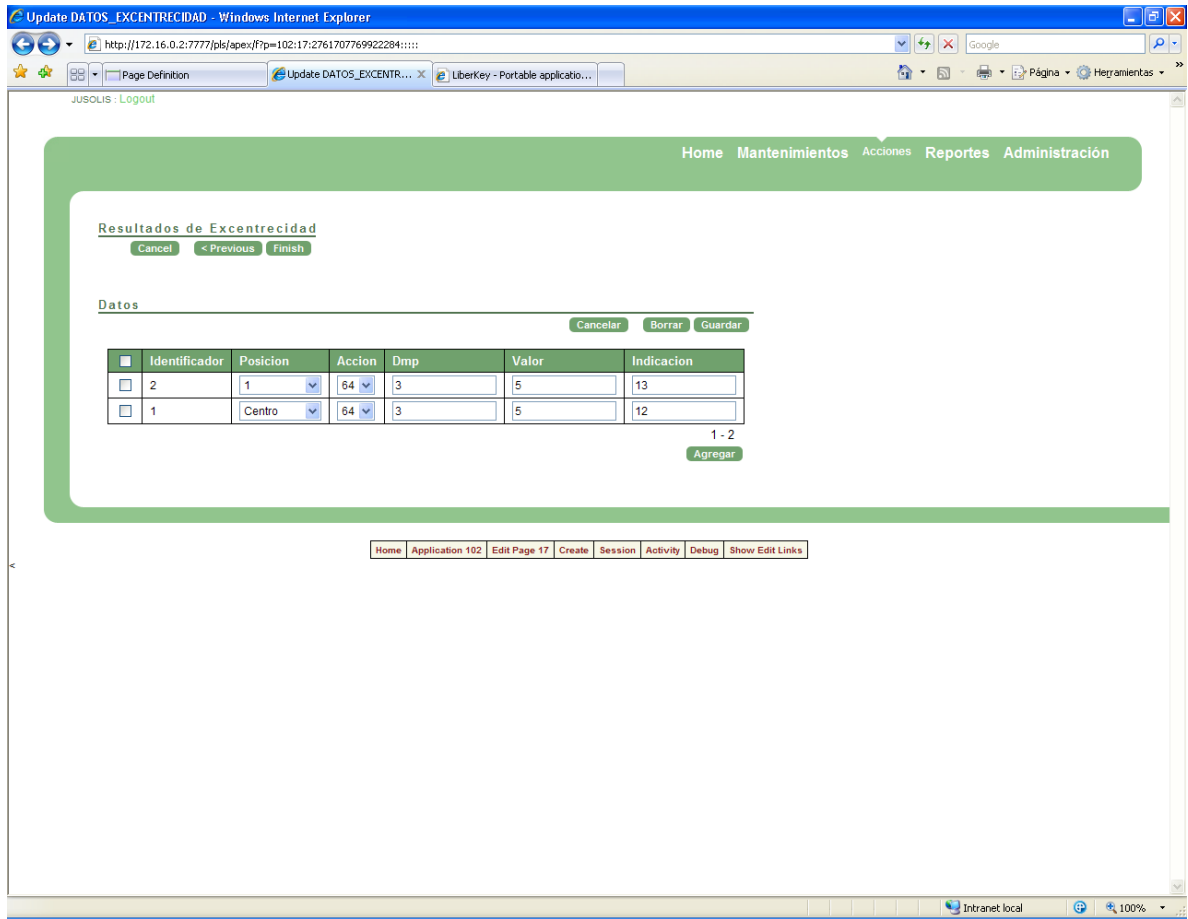


ILUSTRACIÓN 15

## RESULTADOS DE PRUEBAS DE EXCENTRICIDAD

## 2.4 COMPONENTES Y SERVICIOS

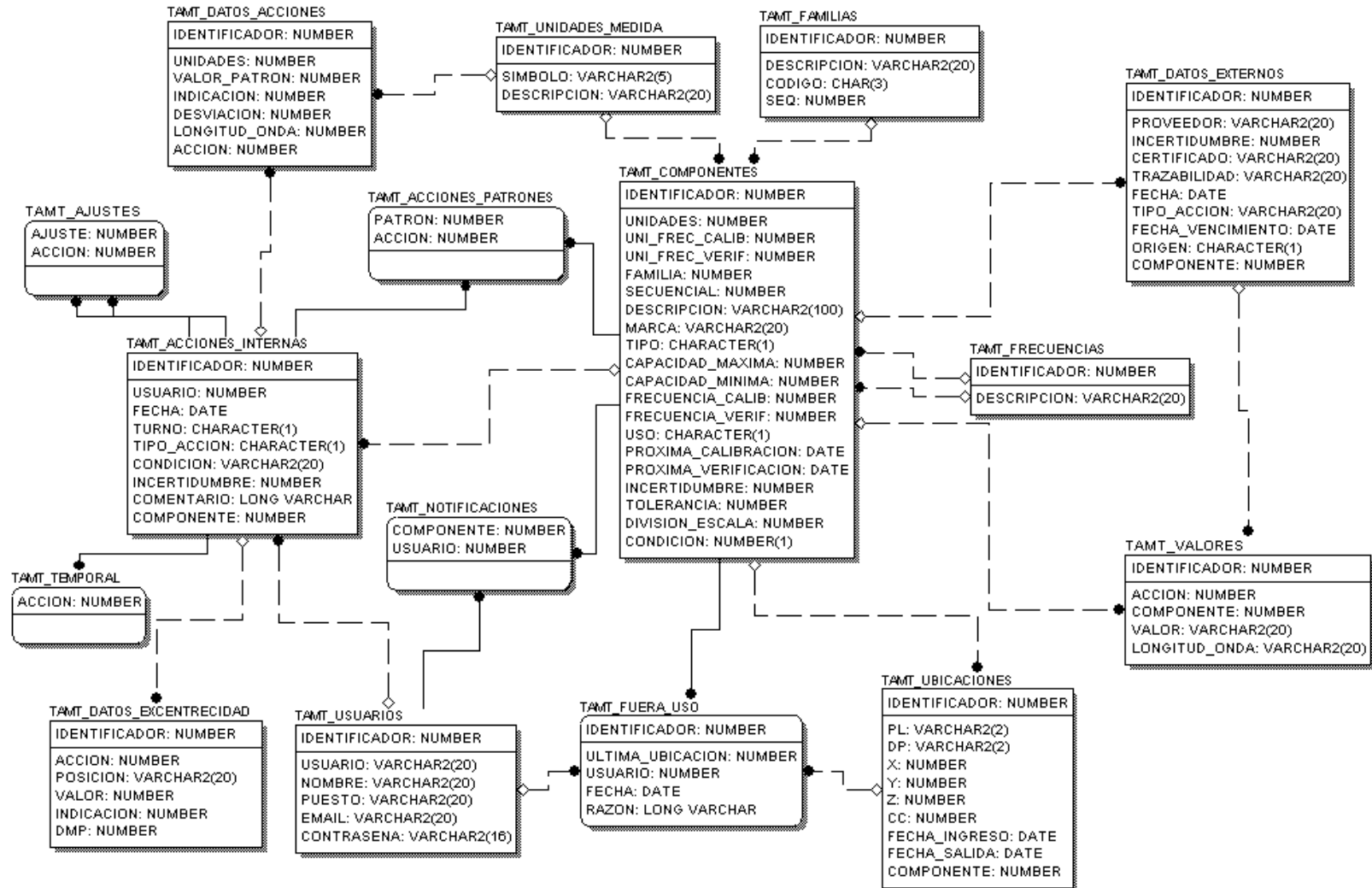
Dado de que el sistema es una aplicación web, y por la naturaleza de la herramienta de desarrollo, esta da todos los servicios en cuanto a la conexión, seguridad, y gestión de datos. Si se utilizó una librería llamada ApexLib (<http://apexlib.oracleapex.info/>) la cual da algunas mejoras al Oracle Application Express, así como ayudas para facilitar el desarrollo.

La librería ApexLib se utilizó principalmente para facilitar el uso de “Combo Boxes” en cascada, o sea que al escoger un elemento de una lista de valores se actualice otra lista basándose en el elemento que se seleccionó. La librería también contiene mejoras para el manejo de errores, así como de avisos. Su funcionamiento se basa en scripts hechos en JavaScript. Esta librería se puede instalar en el servidor de varias maneras, la que se utilizó fue la que requiere de instalarse en la base de datos con su propio usuario, luego se integra en las aplicaciones agregando un par de archivos de JavaScript, lo cual se puede hacer de forma semiautomática corriendo un script de base de datos que viene con la librería.

Para el desarrollo en sí, también se utilizó un script para GreaseMonkey (Addon para Mozilla Firefox) facilita el desarrollo proveyendo ciertas mejoras al IDE que automatizan ciertas funciones, como el orden de los componentes en la página, separación de algunos menús dentro del IDE para un mejor orden.



## 2.5 Diagrama Entidad-Relación





## 2.6 Descripción De La Base De Datos

A continuación se detalla cada una de las estructuras del diagrama de entidad-relación mostrado anteriormente.

### Tabla TAMT\_ACCIONES\_INTERNAS

**Descripción: Calibraciones y/o verificaciones internas**

| Columna       | Tipo            | PK  | FK  |
|---------------|-----------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER          | Yes | No  |
| USUARIO       | NUMBER          | No  | Yes |
| FECHA         | DATE            | No  | No  |
| TURNO         | CHARACTER(1)    | No  | No  |
| TIPO_ACCION   | CHARACTER(1)    | No  | No  |
| CONDICION     | VARCHAR2(20)    | No  | No  |
| INCERTIDUMBRE | NUMBER          | No  | No  |
| COMENTARIO    | LONG<br>VARCHAR | No  | No  |
| COMPONENTE    | NUMBER          | No  | Yes |

### Tabla TAMT\_ACCIONES\_PATRONES

**Descripción: Patrones utilizados en una acción**

| Columna | Tipo   | PK  | FK  |
|---------|--------|-----|-----|
| PATRON  | NUMBER | Yes | Yes |
| ACCION  | NUMBER | Yes | Yes |

### Tabla TAMT\_AJUSTES

**Descripción: Registro de ajustes sobre verificaciones**

| Columna | Tipo   | PK  | FK  |
|---------|--------|-----|-----|
| AJUSTE  | NUMBER | Yes | Yes |
| ACCION  | NUMBER | Yes | Yes |

### Tabla TAMT\_COMPONENTES

**Descripción: Catalogo de todos los componentes (instrumentos y patrones)**

| Columna              | Tipo          | PK  | FK  |
|----------------------|---------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR        | NUMBER        | Yes | No  |
| UNIDADES             | NUMBER        | No  | Yes |
| UNI_FREC_CALIB       | NUMBER        | No  | Yes |
| UNI_FREC_VERIF       | NUMBER        | No  | Yes |
| FAMILIA              | NUMBER        | No  | Yes |
| SECUENCIAL           | NUMBER        | No  | No  |
| DESCRIPCION          | VARCHAR2(100) | No  | No  |
| MARCA                | VARCHAR2(20)  | No  | No  |
| TIPO                 | CHARACTER(1)  | No  | No  |
| CAPACIDAD_MAXIMA     | NUMBER        | No  | No  |
| CAPACIDAD_MINIMA     | NUMBER        | No  | No  |
| FRECUENCIA_CALIB     | NUMBER        | No  | No  |
| FRECUENCIA_VERIF     | NUMBER        | No  | No  |
| USO                  | CHARACTER(1)  | No  | No  |
| PROXIMA_CALIBRACION  | DATE          | No  | No  |
| PROXIMA_VERIFICACION | DATE          | No  | No  |
| INCERTIDUMBRE        | NUMBER        | No  | No  |
| TOLERANCIA           | NUMBER        | No  | No  |
| DIVISION_ESCALA      | NUMBER        | No  | No  |
| CONDICION            | NUMBER(1)     | No  | No  |

### Tabla TAMT\_DATOS\_ACCIONES

**Descripción: Datos de las verificaciones y calibraciones internas**

| Columna       | Tipo   | PK  | FK  |
|---------------|--------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER | Yes | No  |
| UNIDADES      | NUMBER | No  | Yes |
| VALOR_PATRON  | NUMBER | No  | No  |
| INDICACION    | NUMBER | No  | No  |
| DESVIACION    | NUMBER | No  | No  |
| LONGITUD_ONDA | NUMBER | No  | No  |

|        |        |    |     |
|--------|--------|----|-----|
| ACCION | NUMBER | No | Yes |
|--------|--------|----|-----|

### Tabla TAMT\_DATOS\_EXCENTRECIDAD

**Descripción: Datos de las pruebas de excentricidad**

| Columna       | Tipo         | PK  | FK  |
|---------------|--------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER       | Yes | No  |
| ACCION        | NUMBER       | No  | Yes |
| POSICION      | VARCHAR2(20) | No  | No  |
| VALOR         | NUMBER       | No  | No  |
| INDICACION    | NUMBER       | No  | No  |
| DMP           | NUMBER       | No  | No  |

### Tabla TAMT\_DATOS\_EXTERNOS

**Descripción: Calibraciones y/o verificaciones externas**

| Columna           | Tipo         | PK  | FK  |
|-------------------|--------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR     | NUMBER       | Yes | No  |
| PROVEEDOR         | VARCHAR2(20) | No  | No  |
| INCERTIDUMBRE     | NUMBER       | No  | No  |
| CERTIFICADO       | VARCHAR2(20) | No  | No  |
| TRAZABILIDAD      | VARCHAR2(20) | No  | No  |
| FECHA             | DATE         | No  | No  |
| TIPO_ACCION       | VARCHAR2(20) | No  | No  |
| FECHA_VENCIMIENTO | DATE         | No  | No  |
| ORIGEN            | CHARACTER(1) | No  | No  |
| COMPONENTE        | NUMBER       | No  | Yes |



### Tabla TAMT\_FAMILIAS

**Descripción:** Son los grupos de equipos, por ejemplo, temperatura, peso, etc

| Columna       | Tipo         | PK  | FK |
|---------------|--------------|-----|----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER       | Yes | No |
| DESCRIPCION   | VARCHAR2(20) | No  | No |
| CODIGO        | CHAR(3)      | No  | No |
| SEQ           | NUMBER       | No  | No |

### Tabla TAMT\_FRECUENCIAS

**Descripción:** Registro de Frecuencias de tiempo

| Columna       | Tipo         | PK  | FK |
|---------------|--------------|-----|----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER       | Yes | No |
| DESCRIPCION   | VARCHAR2(20) | No  | No |

### Tabla TAMT\_FUERA\_USO

**Descripción:** Indica los componentes que ya no estan en el control metrológico

| Columna          | Tipo            | PK  | FK  |
|------------------|-----------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR    | NUMBER          | Yes | Yes |
| ULTIMA_UBICACION | NUMBER          | No  | Yes |
| USUARIO          | NUMBER          | No  | Yes |
| FECHA            | DATE            | No  | No  |
| RAZON            | LONG<br>VARCHAR | No  | No  |

### Tabla TAMT\_NOTIFICACIONES

| Columna    | Tipo   | PK  | FK  |
|------------|--------|-----|-----|
| COMPONENTE | NUMBER | Yes | Yes |
| USUARIO    | NUMBER | Yes | Yes |

### Tabla TAMT\_TEMPORAL

**Descripción: Registro de acciones incompletas**

| Columna | Tipo   | PK  | FK  |
|---------|--------|-----|-----|
| ACCION  | NUMBER | Yes | Yes |

### Tabla TAMT\_UBICACIONES

**Descripción: Registro de Ubicaciones para los equipos**

| Columna       | Tipo        | PK  | FK  |
|---------------|-------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER      | Yes | No  |
| PL            | VARCHAR2(2) | No  | No  |
| DP            | VARCHAR2(2) | No  | No  |
| X             | NUMBER      | No  | No  |
| Y             | NUMBER      | No  | No  |
| Z             | NUMBER      | No  | No  |
| CC            | NUMBER      | No  | No  |
| FECHA_INGRESO | DATE        | No  | No  |
| FECHA_SALIDA  | DATE        | No  | No  |
| COMPONENTE    | NUMBER      | No  | Yes |

### Tabla TAMT\_UNIDADES\_MEDIDA

**Descripción: Registro de unidades de medida utilizadas**

| Columna       | Tipo         | PK  | FK |
|---------------|--------------|-----|----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER       | Yes | No |
| SIMBOLO       | VARCHAR2(5)  | No  | No |
| DESCRIPCION   | VARCHAR2(20) | No  | No |

### Tabla TAMT\_USUARIOS

**Descripción: Usuarios con acceso al sistema**

| Columna       | Tipo         | PK  | FK |
|---------------|--------------|-----|----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER       | Yes | No |
| USUARIO       | VARCHAR2(20) | No  | No |
| NOMBRE        | VARCHAR2(20) | No  | No |
| PUESTO        | VARCHAR2(20) | No  | No |
| EMAIL         | VARCHAR2(20) | No  | No |
| CONTRASENA    | VARCHAR2(16) | No  | No |

### Tabla TAMT\_VALORES

**Descripción: Registro de Valores principalmente para patrones**

| Columna       | Tipo         | PK  | FK  |
|---------------|--------------|-----|-----|
| IDENTIFICADOR | NUMBER       | Yes | No  |
| ACCION        | NUMBER       | No  | Yes |
| COMPONENTE    | NUMBER       | No  | Yes |
| VALOR         | VARCHAR2(20) | No  | No  |
| LONGITUD_ONDA | VARCHAR2(20) | No  | No  |

## **CAPITULO 3**

### **CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

---

En general se cumplieron prácticamente todos los objetivos, solamente se falló con la fecha estimada, dado que la herramienta de desarrollo nunca se había trabajado en la empresa, ni por mi persona, lo cual requirió un esfuerzo mayor para dominarla lo suficiente de manera que se pudiera obtener los resultados deseados, también esta herramienta (Apex) permitió que el desarrollo no se atrasara demasiado ya que una vez que se sabe manejar bien, permite al desarrollador trabajar rápido ya que no necesita pensar tanto en las Interfaces de usuario, así puede concentrarse más en la lógica de la aplicación.

Se entregaron 3 documentos, el primero con la información del problema, el segundo con información técnica de la solución y un tercero que sería un manual de usuario donde se indica cómo utilizar la aplicación de manera correcta.

#### **3.1. CONCLUSIONES**

- a. El manejo automatizado de la información permite sacar mucho más provecho de esta que si se manejara de forma manual, resumiéndola y mostrando resultados para una mejor toma de decisiones.
- b. El control metrológico es muy importante para la fidelidad de los resultados de las mediciones de los Equipos en el área de aseguramiento de la calidad.
- c. Un ajuste correcto en las frecuencias de calibración puede crear un gran impacto en los costos de estos.
- d. La herramienta Oracle Application Express (Apex) es muy versátil para el desarrollo rápido de aplicaciones web en un ambiente ágil.
- e. El uso de una Framework conocido habría acelerado el desarrollo de la aplicación.

### **3.2. RECOMENDACIONES**

- a. Se debe de utilizar el sistema por alrededor de 1 o 2 años para que este tenga los suficientes datos para generar información de utilidad a la hora de cambiar la frecuencia de calibración de los instrumentos.
- b. Utilizar el sistema en paralelo con la forma manual hasta estar seguros de que el sistema se comporta de forma adecuada y como se espera.