



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE  
AMBIENTE LABORAL PARA LA ASIGNACIÓN  
ESTRATÉGICA DE TIEMPOS DE DESCANSO E  
INTERACCIÓN SOCIAL”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES  
ORIENTACIÓN SISTEMAS MULTIMEDIA**

**RAÚL ALBERTO MIRA RODRÍGUEZ**

**ROBERTO ANDRÉS YONCÓN CHOOTONG**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecerles a Dios y a mi familia por ayudarme a desenvolver mis destrezas, por brindarme muchas facilidades y por apoyarme en mis decisiones más difíciles, siendo los pilares fundamentales de mi persona.

Agradezco a mis hermanos de pensamientos y de convivencias, con los que he crecido y me he formado, mostrándome diversos aspectos de la vida que no hubiera podido descubrir solo. También a todos mis amigos de diferentes épocas de mi vida, les doy las gracias por ser parte de mí.

Mis más sinceros agradecimientos al Ph.D. Vintimilla y al Ph.D. Romero por acogerme en el CIDIS como un miembro de la familia, permitiéndome crecer profesionalmente y compartiéndome lecciones de vida. De igual manera le agradezco al Ph.D. García, actual subdecano de FIEC, que me ha brindado su apoyo incondicional frente a muchas adversidades.

Roberto Yoncón

Agradezco a Dios quien me he amado desde siempre y renovado mis fuerzas para cumplir en mis estudios y seguir adelante, ha sido mi piedra angular. A mi madre quien me apoyó incondicionalmente y siempre me animó a buscar la excelencia, gracias a sus esfuerzos, y su gran amor por formar de su hijo, un profesional. A mi hermana con quién compartí la mayoría de mis experiencias universitarias y de quien aprendí a diario. También agradezco a mis amigos que han compartido conmigo en la etapa universitaria, a Andrés y Marina Day quienes me enseñaron el valor de la amistad.

Finalmente agradezco a la ESPOL por acogerme en los últimos 7 años desde mi etapa pre-universitaria, ha sido como un segundo hogar, a los profesores que tuve de quienes aprendí que la calidad de un politécnico va más allá de su conocimiento, y al PhD. Boris Vintimilla director del CIDIS, que me ha ayudado en mi desarrollo profesional y en el campo investigativo con sus consejos y motivación.

Raúl Mira

## **DEDICATORIA**

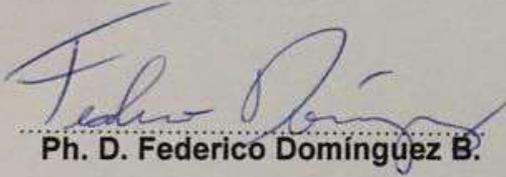
El presente proyecto se lo dedico con mucho cariño y esfuerzo a Dios, mi familia y mis amigos, tomando en especial consideración a mi pareja M.D.A.M. cuya alegría y apoyo ha influido positivamente en mi vida.

Roberto Yoncón

Dedico este proyecto a Dios, mi hermana, mis amigos de la universidad y a mis hermanos en Cristo y a mi madre, mujer luchadora que me formó desde pequeño con su mayor esfuerzo como si se tratase de su propia vida.

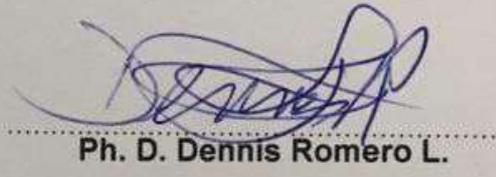
Raúl Mira

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Ph. D. Federico Domínguez B.

PROFESOR EVALUADOR

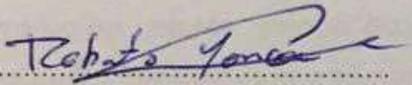


Ph. D. Dennis Romero L.

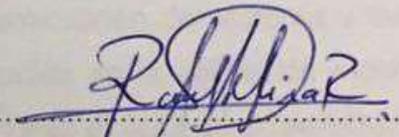
PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Roberto Yoncón Chootong



Raúl Mira Rodríguez

## RESUMEN

Este proyecto aporta a la solución de la falta de relaciones interpersonales en entornos laborales usando un sistema de tecnología ubicua para asignación estratégica y espontánea de tiempos de receso. El sistema considera la alteración de factores ambientales que, de acuerdo con estándares de salud y seguridad ocupacional, dificultan el desarrollo adecuado de la actividad laboral. Factores tales como la temperatura, la humedad y el ruido que existen en un entorno laboral son algunos de los elementos externos que influyen directamente.

En este documento se explica la metodología de implementación del sistema y las tecnologías usadas, siendo parte del esquema el desarrollo de la aplicación móvil para recibir las alertas que se generan desde la aplicación web alojada en un servidor, cuya estructura de decisión es basada en el algoritmo de clustering (clasificación por agrupamiento) K-vecinos más cercanos (KNN). Este algoritmo es alimentado con datos obtenidos desde dispositivos inalámbricos, cuyos valores son los antes mencionados y se obtienen por medio de sensores de humedad, temperatura y sonido. Los rangos considerados ideales de estos parámetros son basados en estándares internacionales de salud y seguridad ocupacional.

También se presenta el modelo del prototipo de sensores en cuestión, de la aplicación móvil y de la aplicación web. Finalmente se incluyen los resultados experimentales que se presentan, siendo estos de carácter cualitativos y de experiencias de usuarios reales, debido a que hay otros factores (emocionales, regionales, culturales, etc.) que inciden en la eficiencia laboral en un grupo y que dificultan demostrar cuantitativamente este factor. Finalmente se incluye una sección con conclusiones y recomendaciones para extrapolar esta solución en futuros proyectos.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. MONITOREO DE AMBIENTE LABORAL.....	1
CAPÍTULO 2.....	3
2. ESTADO DEL ARTE .....	3
2.1 Factores influyentes en ambiente laboral.....	3
2.2 Incremento de concientización social.....	4
CAPÍTULO 3.....	7
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....	7
3.1 Diseño de la capa de presentación .....	7
3.2 Arquitectura del sistema .....	11
3.3 BS-Sensor .....	13
3.4 Algoritmo KNN.....	15
CAPÍTULO 4.....	17
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	17
4.1 Pruebas del sistema .....	18
4.2 Pruebas del dispositivo.....	18
4.3 Pruebas del algoritmo.....	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21

## CAPÍTULO 1

### 1. MONITOREO DE AMBIENTE LABORAL

El desempeño profesional de un individuo está directamente relacionado con el ambiente de trabajo en el cual realiza funciones [1] [2]. Basado en esto, las empresas que requieren mejorar sus índices de productividad y eficiencia buscan la manera de impulsar las actividades que involucran directamente al equipo de trabajo, siendo ellos el pilar fundamental de la empresa.

En una organización, la productividad laboral se divide en factores de ambiente físico y factores sociales, de manera que separa aspectos laborales de personales [3]. Se resalta que si un trabajador no se encuentra en condiciones óptimas de trabajo y el empleado no está feliz o no dispone de buena salud, su armonía de trabajo influye su desempeño. Además de contar con buena armonía en su lugar de trabajo, debe contar con condiciones óptimas en infraestructura, temperatura y buena relación social.

Realizar ejercicios colectivos que disminuyan el estrés del personal ayuda a mejorar el ambiente laboral al cual están expuestos [4]. Para este efecto, se propuso el desarrollo de un sistema de monitoreo del entorno de trabajo, por medio del análisis de factores de temperatura, humedad y volumen de sonido, permitiendo identificar el momento estratégico para un tiempo de receso e interacción social entre compañeros.

Este sistema de monitoreo del entorno laboral, como solución, al cual hemos denominado Break-Time Sensing System (BSS) es un sistema que reúne tres importantes características: ubicuidad, preservación de la privacidad, y no invasivo, características importantes que conllevan la aceptación del sistema en entornos reales.

La idea de un sistema ubicuo que permita a los usuarios miembros del grupo laboral ser alertados de la manera como ellos desearían serlo y con tecnología que ellos dispongan, como dispositivos móviles, viene de un primer estudio de campo de un primer prototipo llamado Barómetro de Break [5] el cual pretende de igual forma fomentar las interrelaciones personales de un grupo laboral.

Este mismo estudio, indica que la ubicuidad no únicamente de los dispositivos móviles, sino también de los dispositivos sensores generó en un primer intento de implementar el sistema una preocupación referente a la privacidad de los trabajadores y la afectación en el desarrollo normal de las actividades.

Por lo cual es necesario asegurar que la infraestructura interna de BSS en lo referente a los sensores, se limita a la captación de valores analógicos de los niveles de sonido (valores en voltaje, posteriormente convertidos en decibelios) y no en grabar el contenido interpretable del mismo), del mismo modo, el sistema ha sido diseñado para que sea “no invasivo”, es decir, que no sea motivo de distracción en las áreas de trabajo ya sea visual o audiblemente, sin embargo, esta característica puede ser mejorable en lo referente a las dimensiones espaciales.

El sistema BSS se despliega principalmente en tres componentes o capas que serán explicados con mayor detalle en el capítulo 3, los mismos son: capa de adquisición de datos, la cual se encarga de “medir” el ambiente laboral. Esto lo hace con el uso de una placa Arduino los sensores de los parámetros antes mencionados en este capítulo, la capa de aplicativo web que es en donde se almacenan estos valores y donde está el algoritmo de clasificación para generar la respectiva alerta, también esta capa tiene una capa de presentación el cual es un panel administrativo que permite visualizar el entorno, y una capa de comunicación entre la capa anterior y los dispositivos móviles que serán los que finalmente alerten a los trabajadores del momento de un receso laboral.

Este preámbulo ha sintetizado de manera global la problemática, la solución y estructura del sistema propuesto, los mismos que serán detallados a mayor profundidad en las secciones posteriores.

## CAPÍTULO 2

### 2. ESTADO DEL ARTE

El área de trabajo cooperativo asistido por computadora, en su término original en inglés Computer Supported Collaborative Work (CSCW), se ha establecido como un campo de investigación fuerte y que ha atraído mucho interés en el área de Ciencias computacionales durante los últimos años [6]. De acuerdo con Ellis et al. Esta área se enfoca en cómo trabajan los grupos y busca investigar cómo la tecnología, especialmente las computadoras, puede ayudar a que el trabajo grupal y la cohesión del grupo funcionen [7].

La interacción en un grupo encierra entre algunos elementos, la coexistencia, comunicación, coordinación, consenso y colaboración de las personas que conforman un grupo [8], y será esta interacción, juntamente con otros factores como: influencia, empatía, adaptabilidad, los que inciden directamente en la cohesividad y desempeño de un grupo [9].

#### 2.1 Factores influyentes en ambiente laboral

De acuerdo con el estudio realizado por el Dr. K. Chandrasekar [1], 285 personas de diferentes sectores empresariales encuestadas calificaron los factores que más afectan su actitud en cuanto al trabajo, poniendo como principal el factor emocional. En su estudio, el Dr. K. Chandrasekar especifica que este factor es un conjunto de habilidades no cognitivas que influyen en la inclusión de uno mismo en el ambiente de trabajo, reduciendo su propia productividad, como se muestra en la Tabla 1.

Como segundo factor se encuentran las relaciones interpersonales, que si bien, en un ambiente de trabajo no forman parte crítica del desarrollo y mantenimiento de la confianza y sentimientos positivos de las personas, sí influencia en la actitud de las personas.

En tercer lugar, se posiciona el factor del control sobre su ambiente de trabajo, puesto que la mayoría de los encuestados creen que no tienen acceso a este factor, afectando su actitud hacia el lugar de trabajo.

<b>Factors</b>	<b>Mean value</b>	<b>Rank</b>
Interpersonal Relationships	4.79	2
Control over environment	3.99	3
Shift	3.91	4
Emotional Factors	4.92	1
Job Assignment	3.59	5
Overtime duty	3.23	7
Extended work	3.57	6

**Tabla 1: Factores que afectan la actitud del empleado hacia su lugar de trabajo [1]**

De manera similar, el trabajo de Thushel Jayaweera realizado a 254 personas encuestadas [2] tuvo como conclusiones que las condiciones ambientales del trabajo afectan significativamente el desempeño laboral de las personas.

## **2.2 Incremento de concientización social**

Una estrategia para mejorar el desempeño de los trabajadores en un ambiente laboral es la planificación estratégica de “breaks”. Las experiencias emocionales y las actividades de descanso durante una jornada laboral están relacionados con el desempeño y afectación positiva en la calidad laboral [10], además de mejorar la interacción entre miembros de diferentes departamentos. Por lo cual entender el comportamiento de los miembros de un grupo en su jornada y determinar la necesidad de un tiempo de descanso se vuelve una tarea útil.

Para este objetivo se han planteado diversas soluciones para estudiar a un grupo laboral y analizar la ejecución de determinadas tareas haciendo uso de CSCW, siendo respaldados por áreas claves como: sistemas distribuidos, realidad virtual, inteligencia artificial, psicología cognitiva [8], entre otras, motivando el área de computación que se conoce como “social awareness”. Algunas de estas soluciones se presentan a continuación:

Panorama (2007) [11]: es un sistema inteligente, que tiene como objetivo proveer comunicación asíncrona de información personal y del entorno del trabajo de un

departamento, enfocándose tanto en mostrar “información” como en “percepción”, para lo cual recibe entradas implícitas y explícitas (intencionales) de los miembros de un grupo de oficina, representación perceptiva como: actividades rutinarias de los miembros del equipo como usar el fax, la máquina de café, el microondas, tener conversaciones informales con otros trabajadores, o representación informativa como: eventos sociales, cumpleaños, anuncios personales, etc.

Panorama usa sensores de movimiento y sonido ubicados en sectores comunes del departamento. Representativamente, Panorama muestra este tipo de información antes mencionada a manera de galería virtual cronológico en diferentes entornos 3D en los cuales se muestran las imágenes almacenadas, videos, o texto, y diferentes formas de representación como puntos, color para estado del ánimo del entorno, entre otras.

Gossip-Wall (2003) [12]: es un artefacto de pared con tecnología sensorial que proyecta y comunica información ambiental de un edificio, provee información y conocimiento (awareness) de las personas que pasan, representándola a través de patrones de luces. Un patrón diferente corresponde a diferente tipo de información.

También el sistema consta de aparatos móviles pequeños (ViewPort) que pueden conectarse al artefacto de pared y recibir la información, el tipo de información depende de la zona de cercanía del aparato con la persona que atraviesa el lugar (de más lejos a más cerca: zona ambiental, zona de notificación, zona de interacción), y se puede obtener información como número /porcentaje de personas aún en el edificio, nivel de las actividades del departamento (zona ambiental), o información más personal o de grupo de personas (previo acuerdo de notificación del usuario analizado, es decir, bajo consentimiento) en la zona de notificación.

BuildAX: Wireless Building Monitoring System (2014) [13]: el sistema BuildAX está compuesto por una estación Logger/Router/Server (LRS) que se conecta mediante ondas de bajo poder a sensores ambientales que recolectan información de luz, humedad y temperatura dentro de un edificio. Este sistema proporciona un

monitoreo del ambiente a bajo costo, compatible con el sistema open source EnTrak para disponer de servicios electrónicos de condiciones de monitoreo.

Break-Time Barometer (2013) [5]: un sistema de dispositivos distribuido, ubicuo y confidente para la asignación de tiempos de descanso basado en la percepción ambiental de una oficina, con el objetivo de impulsar las interacciones face-to-face entre miembros de diversos departamentos de una oficina, comprende de tres componentes:

Plataforma hardware de detección global que lo componen un conjunto de sensores como nivel de luz, volumen, temperatura, batería, humedad, conectados a un servidor web central por un sistema de red inalámbrico; la infraestructura para la toma de decisiones, y el interfaz de usuario distribuido que maneja, además de un servicio de mensajería SMS o móvil app para generar peticiones para tiempos de break.

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Esta sección está compuesta de tres partes, la primera la hemos dedicado para describir el diseño desde una perspectiva de usuario, es decir, se describe las capas de presentación y la explicación de sus partes, tanto del aplicativo web como del aplicativo móvil, luego se introduce a la estructura general del sistema y la arquitectura de las capas que lo conforman, además de las tecnologías usadas, y finalmente se hace una explicación del algoritmo de clasificación usado en una de sus capas.

#### 3.1 Diseño de la capa de presentación

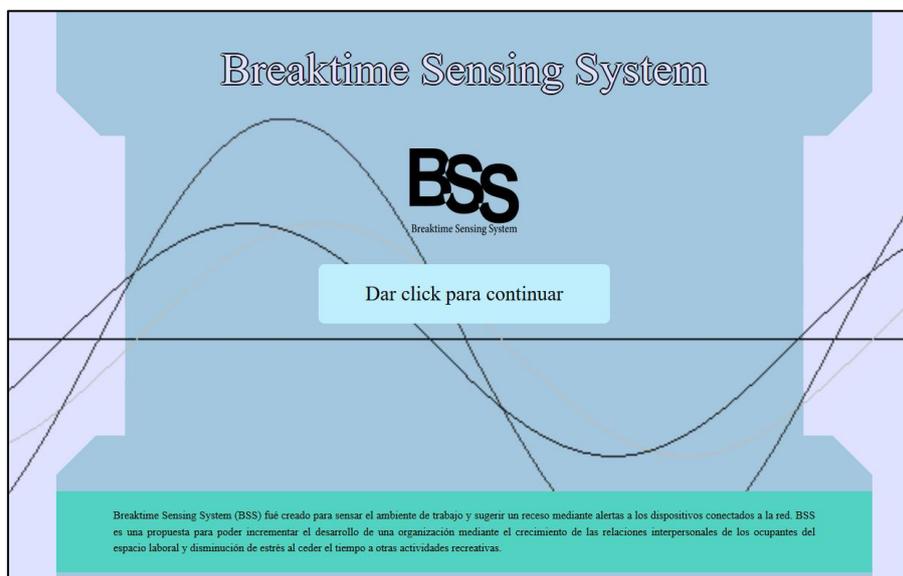
El diseño del prototipo BSS fue analizado con el propósito que los usuarios puedan interactuar con el sistema de manera rápida, sin ser propenso a errores de usabilidad ni fomentar el uso indiscriminado de los controles.

Siguiendo recomendaciones generales en el desarrollo con estándares en la interacción hombre-máquina, para el diseño del prototipo del aplicativo web se utilizaron colores tenues, comúnmente llamados colores “pastel”, con el objetivo no saturar la visión del usuario al momento de utilizar la plataforma. De igual manera, existe un cambio de colores entre ventanas para poder identificar las diferentes secciones del sistema.

La ventana principal contiene estructuralmente el nombre del sistema, el logotipo y la descripción, como se muestra en la Figura 3.1. Esta ventana tiene como motivo principal introducir al usuario al sistema, presentándole un primer paso para ingresar a la configuración del sistema, esto es, dar clic en el botón. La figura tomada como fondo de color más fuerte representa un reloj de arena, haciendo alusión al tiempo de pausa. Las líneas cruzando a lo ancho de la pantalla representan las señales que se captan de los sensores.

Esta ventana fue realizada a manera de información para el usuario, permitiéndole retirarse del sistema si no posee conocimientos sobre este. Por otro lado, mostrar directamente la ventana de configuración podría ser confuso para el usuario, con lo que es posible que las personas que ingresen al sistema no sepan cómo

manejarlo y de manera impulsiva, realicen cambios a la configuración del sistema. Por último, se utiliza el pie de la ventana para agregar una pequeña descripción del programa.



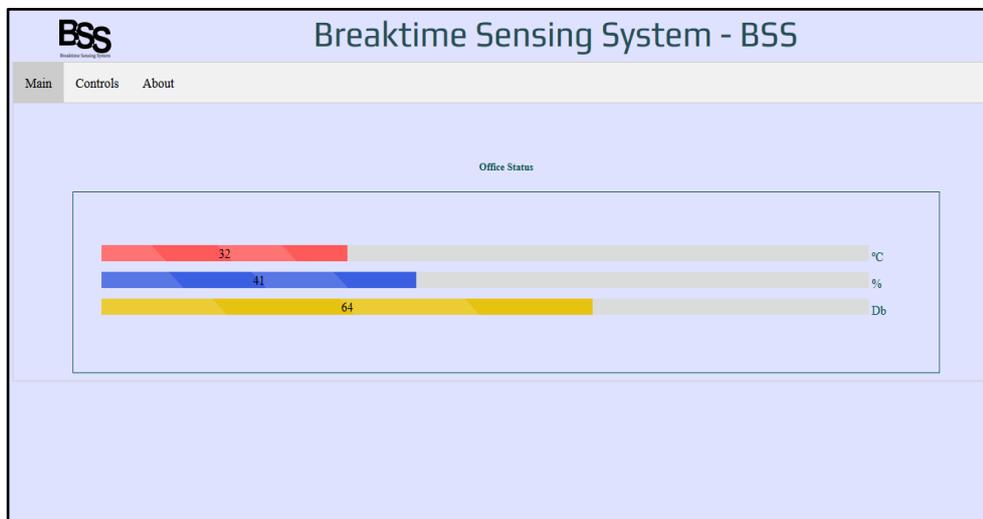
**Figura 3.1: Ventana inicial del sistema BSS**

Para la ventana de controles se tienen dos pestañas representativas y una de información del sistema. La primera es la sección de presentación de datos en tiempo real, recogidos de las condiciones ambientales actuales en el área de trabajo (ver Figura 3.2). La segunda sección es de los controles, los cuales serán modificables para tener valores referenciales iniciales en el sistema (ver Figura 3.3).

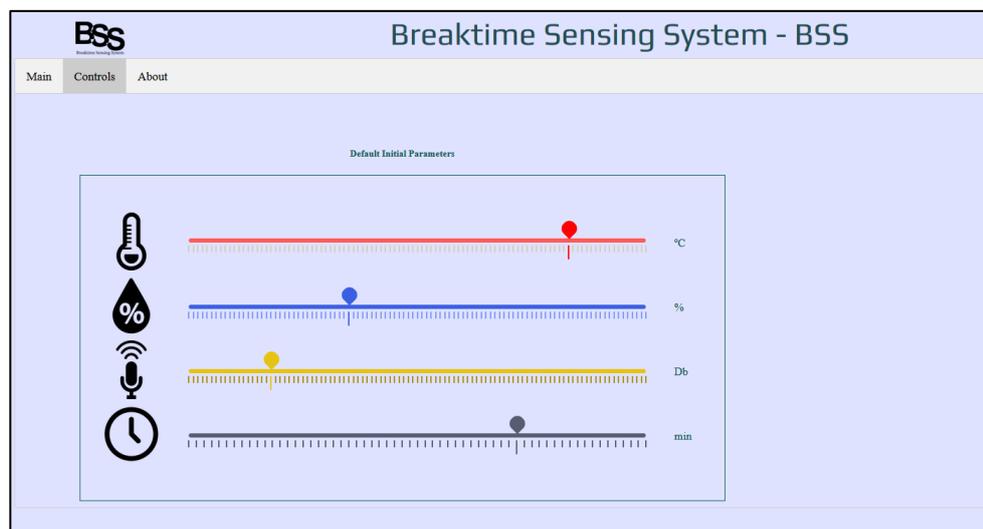
A cada barra de información y de manejo del control se le asignó un color representativo para mostrar de manera rápida a qué factor hace referencia cada una. El color rojo representa la temperatura en el ambiente, el azul representa la humedad, el amarillo la cantidad de ruido y el negro se agregó como factor tiempo. Además, se le agregó un ícono para ilustrarlo mejor.

Una vez alcanzados los niveles establecidos como límites para un ambiente no deseado, se envía una alerta al servidor a través de un mensaje en un protocolo POST HTTP. En ella, se informará de las condiciones del ambiente y se emite una

alerta a todos los terminales que tienen instaladas la aplicación móvil conectados al sistema.



**Figura 3.2: Panel administrativo BSS con los valores ambientales medidos**



**Figura 3.3: Panel administrativo BSS con los controles de inicialización de valores límite para los factores recolectados.**

Para el diseño de la aplicación móvil se lo presenta de manera sencilla para que sea de fácil acceso y entendimiento al usuario final (trabajador), se mantiene el logo en el centro de la aplicación con una breve descripción del sistema. En la

parte inferior se mostrará el botón de conexión, esto sin requerir una ventana principal anterior a esta.

Una vez conectado, los colores secundarios en la aplicación cambian de tonalidad, denotando un cambio de estado en ella (ver Figura 3.4). Finalmente, al existir una alerta de un tiempo de descanso, se muestra un mensaje de evento con el aviso de la alerta y el tiempo restante del período de descanso.



**Figura 3.4: Estado inicial y estado alerta de la aplicación móvil**

El diseño de la aplicación móvil es sencillo debido a que su funcionalidad es solamente la alerta del sistema. El usuario no va a interactuar con ella aparte de sólo conectarse a la red y recibir la notificación de alerta del sistema.

De forma general el sistema se plantea como la unión de dos plataformas, el dispositivo con los sensores y los servicios web, como se muestra en la Figura 3.5. Por un lado, un dispositivo que reúne una placa Arduino Yún y los sensores de temperatura, humedad, y nivel de sonido, la placa envía periódicamente cada 5 segundo los parámetros a un servidor web, por otro lado, una aplicación web que consume del servicio mencionado y periódicamente obtiene los parámetros mencionados, tales son almacenados para posteriormente pasar al módulo de toma de decisiones, que es basado en un algoritmo de clasificación, el cual a partir de los datos recibidos, genera una clasificación de estado (break o no break) esto

se envía al servicio web y desde un dispositivo móvil que escucha y está ejecutándose en segundo plano y recibe una alerta cuando la decisión de break se tome, así mismo genera una alerta cuando este acabe, el tiempo de receso es determinado por el administrador en el panel del aplicativo web.

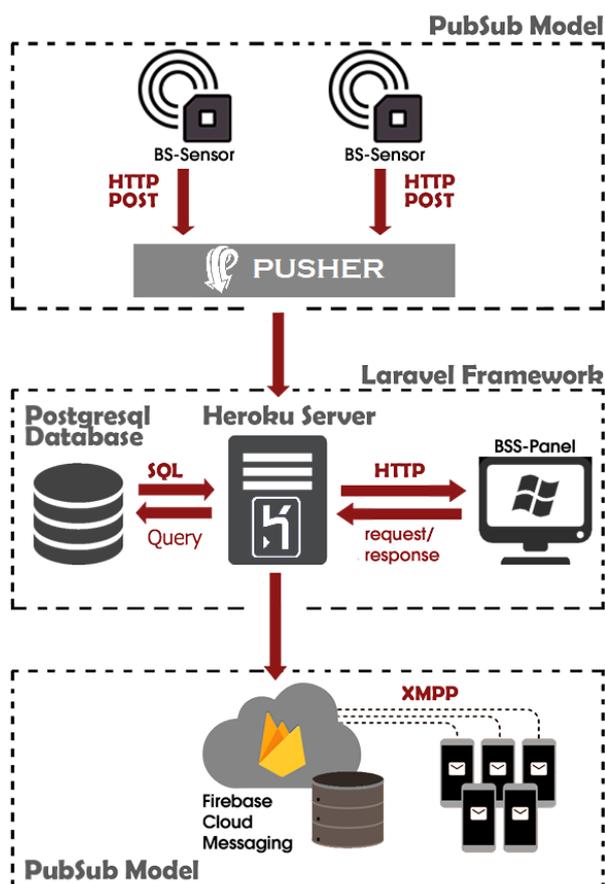


**Figura 3.5: Estructura general del sistema BSS**

### 3.2 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema BSS consta de tres capas esenciales para su funcionamiento (ver Figura 3.6). Dos de ellas conforman la disposición física y lógica de la comunicación cliente-servidor y la otra el despliegue del aplicativo web junto con el procesamiento de datos en el servidor.

La primera capa está compuesta por dispositivos para la adquisición de datos ambientales mediante sensores, los cuales se conectan al servidor de Pusher enviando notificaciones periódicas con los datos recolectados mediante Websockets usando protocolos TCP. Pusher hace uso de un modelo sencillo de Publisher/Subscriber (PubSub) basado en canales, que permite filtrar y controlar el contenido de los mensajes que se reciben en el servidor. En este caso, el contenido del vector son los datos ambientales recibidos por los BS-Sensors.



**Figura 3.6: Arquitectura del sistema BSS**

La segunda capa establece el modelo de comunicación entre el servidor y los dispositivos móviles que recibirán la notificación de descanso. Este hace uso de un servicio de mensajería en la nube (Firebase), el cual hace el papel de broadcaster (comunicación uno a muchos), haciendo igualmente uso del modelo PubSub, controlando para este caso el contenido de las notificaciones (mensaje y clave-única de dispositivo). En cambio, el protocolo usado por la comunicación del servidor Firebase para este caso es XMPP, que es precisamente un protocolo estándar de mensajería instantánea.

La capa intermediaria entre los dispositivos que generan los datos y los dispositivos que reciben la alerta, es la capa del aplicativo web. Esta capa tiene 3 componentes: la interfaz de controles (BSS-panel), la cual se despliega en el navegador del lado del cliente; el servidor de Heroku, que es una plataforma usada

como servicio PaaS en la nube (Platform-as-a-Service), cuyo propósito es almacenar y administrar de forma rápida a BSS; y el sistema de gestión de base de datos relacional, PostgreSQL. Todos estos componentes son conectados mediante el uso de un framework de aplicativos y servicios web de PHP: Laravel 5.0.

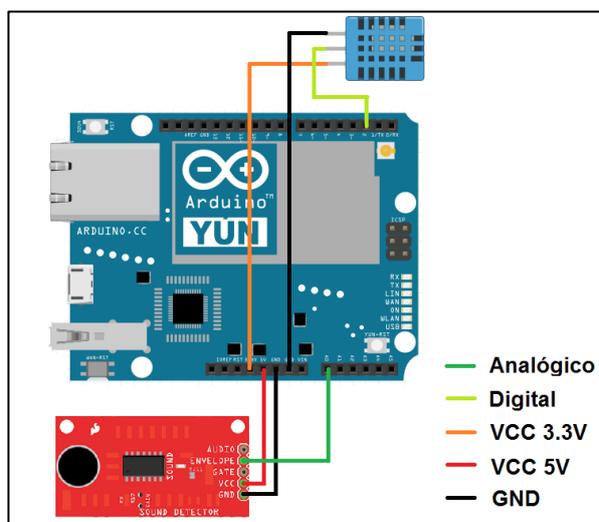
El uso de Pusher es necesario para el “streaming” de datos en tiempo real. Para esto, Pusher posee conexión rápida entre aparatos electrónicos. Por otro lado, Firebase tiene la capacidad de administrar notificaciones y distribuir la carga de las conexiones a dispositivos. Ambas plataformas utilizan el mismo modelo de conexión, pero diferente tipo de protocolos, por lo que se puede diferenciar su uso.

### **3.3 BS-Sensor**

El dispositivo que permite adquirir los datos de los factores ambientales está compuesto por un microcontrolador Arduino Yún y sensores físicos, en la configuración como se muestra en la Figura 3.7.

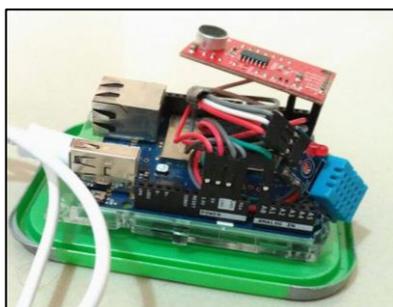
El sensor de sonido empleado para la elaboración del BS-Sensor es el SparkFun SEN-12642 que permite un radio de acción de hasta 5 metros, capturando los valores en voltaje del sonido. Este sensor posee salida de valores analógicos utilizando una alimentación de 5 voltios.

A su vez, el detector de humedad y temperatura es el DHT11 que permite obtener datos en un entorno cerrado o hasta 20 metros alrededor del mismo, teniendo en consideración que la temperatura y humedad ambiental en esta zona no varía. Este sensor opera con 3.3 voltios y envía datos digitales al microcontrolador.



**Figura 3.7: Diagrama de configuración del BS-Sensor**

En las Figuras 3.8 y 3.9 se muestra el resultado de la implementación de los BS-Sensor, tanto los dispositivos usados mostrados en el diagrama de la configuración, así como la cubierta externa del mismo.



**Figura 3.8: Configuración interna del BS-Sensor**



**Figura 3.9: BS-Sensor cubierta externa**

### 3.4 Algoritmo KNN

El algoritmo de clasificación utilizado en el sistema es el denominado K-vecinos más cercanos (KNN por sus siglas en inglés). El algoritmo de KNN es uno de los algoritmos de aprendizaje más usados para el agrupamiento de datos, se basa en la idea principal que cada dato corresponde a una clase determinada con una probabilidad  $p$  para cada uno de sus vecinos más próximos, a la clase más frecuente donde sus vecinos pertenezcan es a donde ese dato se clasificará.

El algoritmo consta de dos etapas, una etapa de entrenamiento, y una etapa de clasificación. En la etapa de entrenamiento, se guardan los valores característicos: temperatura, humedad, volumen, como disposición de vectores (ej. [30, 40, 65, 1] donde el último valor es la clase a la que pertenece). Estos sirven para el posterior aprendizaje del algoritmo. Es en esta etapa en la que el algoritmo de aprendizaje obtiene la media del error entre clústeres, como se muestra en la Figura 3.10, resultando en datos con una confianza cercana a 97%.

```
(6) ROC analysis: Area under ROC curve
Choice: 3
Specify class - Number of classes=12
Type 0 to see class labels? 12
----- C R O S S   V A L I D A T I O N   -----
NAME:                Leave-One-Out
CLASSIFIER MODEL:    Support Vector Machine, using LIBSVM
----- C O N F U S I O N   M A T R I X   C R I T E R I O N   -----
Precision
of class 12 (2)
-----
Is this what you want? (y/n)y
Saving the error estimation protocol to (<Enter> for screen):
./
Saving nothing...
Current mean error for sample 3590 of 3600 is 3.001%
```

**Figura 3.10: Fase de entrenamiento de algoritmo de aprendizaje**

En la etapa de clasificación, se realiza una evaluación de un vector del cual no se conoce la clase a la que pertenece, se halla la distancia entre los que fueron seleccionados para el ejemplo y el sujeto a evaluación de las respectivas distancias, y se escoge de entre ellos los  $k$  vectores más cercanos al de evaluación, se analiza el  $k$  más cercano a 1 y se lo ubica con la clase que corresponde, este proceso se podría ver afectado si alguna de las características de los vectores no son relevantes, lo cual se suele solucionar ubicando pesos para

cada característica, sin embargo, para nuestro caso, las tres características determinan directamente la afectación a la clasificación.

Para el sistema BSS se consideraron dos grandes grupos: el estado ideal (no genera alarma) y el estado no ideal (genera alarma). No obstante, el estado no ideal puede provenir de muchas posibles alteraciones en los factores, ya sea la alteración individual de cada factor por separado (por ejemplo, temperatura a 40°C) o la combinación de algunos factores (temperatura a 40°C y ruido mayor a 80 dB), y que conocer los eventos por lo cual el estado no ideal se genera, pueden sacar provecho para posibles mejoras del sistema, por lo cual, se ha realizó la clasificación de doce clases como se muestra en la Tabla 2.

Nombre Clase	Clasificación
Ambiente Ideal	0
Temperatura Alta	1
Temperatura Baja	2
Humedad Alta	3
Volumen Alto	4
Temperatura Alta , Humedad Alta	5
Temperatura Baja, Humedad Alta	6
Temperatura Alta , Volumen Alto	7
Temperatura Baja, Volumen Alto	8
Humedad Alta , Volumen Alto	9
Temperatura Alta, Humedad y Volumen Alto	10
Temperatura Baja, Humedad y Volumen Alto	11

**Tabla 2: Clases usadas para algoritmo KNN**

Este algoritmo fue implementado en lenguaje de programación C++ en el servidor web, haciendo su invocación mediante la instrucción “exec” dentro del sistema con lenguaje de programación PHP.

Utilizando el framework Laravel con modelo MVC se realiza una diferenciación entre carpetas públicas y privadas del sistema, haciendo posible la incorporación del programa clasificador en C++ del algoritmo dentro de una carpeta privada, para ser llamado posteriormente.

## CAPÍTULO 4

### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Breaktime Sensing System se presenta como una solución a los problemas laborales relacionados al bajo rendimiento por falta de comunicación de los miembros de un equipo, haciendo que uno de sus objetivos sea mejorar la relación interpersonal e incentivar el conocimiento de las actividades sociales que realizan sus co-trabajadores. El uso correcto del sistema refuerza aspectos positivos en un ambiente laboral, incrementando la empatía, socialización, adaptabilidad e influencia, que son factores que mejoran el desempeño y la cohesividad de un grupo [9].

Aunque es una solución atrayente, ya que en un primer plano es novedosa y pocas aplicaciones han resuelto un problema de similares características, implica un gran dilema al momento de calificar su eficacia, utilidad y si es deseable en nuestro medio. Esto se debe a que el uso del concepto de “break” o tiempo de descanso varía en cada persona según la cultura y el ambiente laboral de cada país, impidiéndonos asegurar que, como el trabajo similar realizado previamente en [5], tendrá igual aceptación.

Inclusive, otro punto de vista influyente en la implementación es la reacción de los usuarios a los aspectos no funcionales del sistema como la apariencia estética de los prototipos, los cuales pueden ser incómodos para ellos. Por otra parte, el uso malintencionado del sistema para provecho personal mediante la manipulación de los factores externos que alimentan el proceso de toma de decisiones se pretende controlar mediante un algoritmo de aprendizaje.

Dado que una de las características del sistema es la captación de la señal de audio procesado como ruido y tono de voz, el personal podría percibir que su privacidad está siendo invadida, generando un entorno incómodo para laborar. Por lo tanto, la aceptación dependerá en gran medida del grado de confianza (previo conocimiento del personal sobre la conservación de la privacidad en el sistema) entre el personal y la administración.

#### 4.1 Pruebas del sistema

Para realizar pruebas con el sistema se requirió levantar la aplicación web en el servidor de Heroku, conectar el dispositivo en fase alfa a un puerto USB y solicitar a un usuario que interactúe con el sistema, como se muestra en la Figura 4.1.



**Figura 4.1: Pruebas del sistema con usuario**

En la versión alfa del sistema, se contempló el cambio del color principal de la aplicación web debido a que este produjo un desagrado mínimo al ser un tono comúnmente utilizado en aplicaciones de antaño. Por lo que finalmente se llegó a la decisión de proceder con un tono como el de la Figura 3.2.

#### 4.2 Pruebas del dispositivo

En cuanto al dispositivo, fue solicitado que la versión alfa tuviera cambios en su estructura y configuración. Inicialmente, la versión en fase alfa del dispositivo contaba con un microcomputador Raspberry Pi V3 junto con un microcontrolador Arduino Uno, cuyas falencias en conectividad wifi no permitió su posterior uso. El poco uso del procesamiento del microcomputador Raspberry Pi y el gran tamaño del dispositivo de prueba (ver Figura 4.2), fueron motivos para migrar el sistema del BS-Sensor a un microcontrolador Arduino Yún.

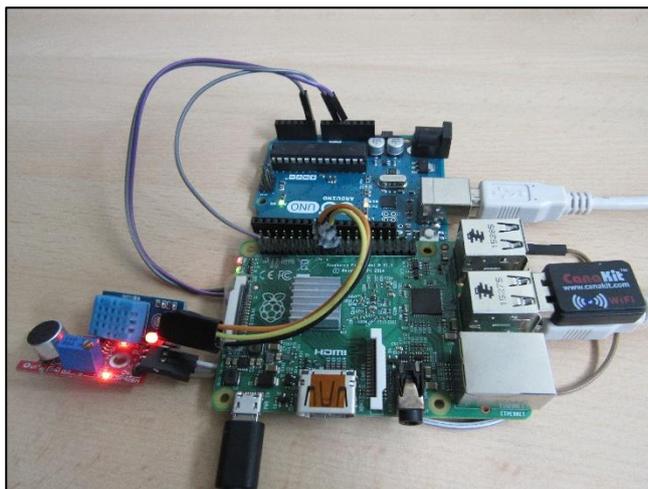


Figura 4.2: BS-Sensor en fase alfa

### 4.3 Pruebas del algoritmo

Por su parte, el algoritmo fue probado ingresando valores al azar que pertenecieran a un rango dentro de un clúster entrenado anteriormente. En la Figura 4.3 se muestra el uso de la base de datos con los datos de entrenamiento, formando los clústeres necesarios para la clasificación, y el uso del programa para la fase de clasificación de vectores de los factores anteriores.

Los valores ingresados para la prueba del sistema fueron elegidos al azar entre los rangos de los clústeres, retornando el título del clúster al cual el vector pertenece, siendo uno de estos los mostrados en la Tabla 2. Los resultados obtenidos acertaron con la clasificación deseada.

```

38 mysql> select * from baro_train limit 10;
39
40 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
41 | id | clase | nombre |
42 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
43 | 1 | 0 | Ambiente Ideal |
44 | 2 | 1 | Temperatura Alta |
45 | 3 | 2 | Temperatura Baja |
46 | 4 | 3 | Humedad Alta |
47 | 5 | 4 | Volumen Alto |
48 | 6 | 5 | Temperatura Alta, Humedad Alta |
49 | 7 | 6 | Temperatura Baja, Humedad Alta |
50 | 8 | 7 | Temperatura Alta, Volumen Alto |
51 | 9 | 8 | Temperatura Baja, Volumen Alto |
52 | 10 | 9 | Humedad Alto, Volumen Alto |
53 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
54
55 12 rows in set (0.00 sec)
56
57 mysql> select * from baro_train limit 10;
58
59 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
60 | id | clase | var1 | var2 | var3 |
61 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
62 | 3602 | 8 | 30 | 41 | 94.47 |
63 | 3603 | 10 | 26 | 74 | 111.40 |
64 | 3604 | 1 | 20 | 39 | 15.59 |
65 | 3605 | 5 | 26 | 52 | 88.28 |
66 | 3606 | 6 | 22 | 74 | 44.87 |
67 | 3607 | 1 | 20 | 48 | 49.22 |
68 | 3608 | 10 | 25 | 71 | 105.29 |
69 | 3609 | 7 | 15 | 28 | 24.85 |
70 | 3610 | 6 | 30 | 72 | 18.35 |
71 | 3611 | 7 | 15 | 27 | 16.5 |
72 +-----+-----+-----+-----+-----+-----+
73
74 10 rows in set (0.00 sec)
75
76 ~/Desktop/Integradora_Raul_Roberto/barometer $
77 ~/Desktop/Integradora_Raul_Roberto/barometer $ ./baro_test 29 48 94
78 Temperature: 29.00, Volumen: 48.00
79 ~/Desktop/Integradora_Raul_Roberto/barometer $ ./baro_test 25 73 108
80 Humedad: 25.00, Volumen: 73.00

```

Figura 4.3: Pruebas con el algoritmo de aprendizaje

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se pudo realizar un sistema que fomenta la relación interpersonal entre compañeros de trabajo mediante la emisión de alertas para recesos estratégicos. Por su parte, el microcontrolador Arduino Yún soportó el uso constante diario para la transmisión de datos en tiempo real sin disminuir su efectividad en varios días consecutivos de recolección de datos. De igual manera, Firebase Cloud Messaging logró soportar una difusión abierta a los dispositivos conectados al servidor de BSS, mostrando alertas en tiempo real en todos los dispositivos suscritos al sistema con conexión wifi.

Para la transferencia de datos, el envío de ellos a través un microcontrolador Arduino Yún a un servidor Laravel pudo ser realizado mediante peticiones HTTP POST manejado por Pusher para la representación en tiempo real de los mismos. Para esto, Heroku Server probó ser capaz de albergar un sistema administrativo en lenguaje PHP mediante una conexión estable por medio de websockets con Pusher, utilizando Firebase Cloud Messaging como el enrutador para la difusión de alertas a dispositivos móviles.

Finalmente se determinó que los umbrales en los factores de análisis de un ambiente de trabajo dependen de la localización geográfica y estación climática en las que se desea implementar un sistema para este efecto. Además, se recomienda calibrar los sensores de acuerdo a los factores establecidos en organizaciones de cuidado de salud ocupacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Chandrasekar, K, "Workplace Environment and Its Impact on Organisational Performance in Public Sector Organisations", International Journal of Enterprise Computing and Business Systems, India, 2011.
- [2] Jayaweera, T, "Impact of Work Environment Factors on Job Performance, Mediating Role of Work Motivation: A Study of Hotel Sector in England", Faculty of Social Sciences, University of Bristol, UK, 2015.
- [3] Estrada, S. et al. , "Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral", *ACIMED v.20 n.4*, Cuba, 2009.
- [4] Pupo, G, et al. "Calidad de vida y trabajo: Algunas consideraciones sobre el ambiente laboral de la oficina". *ACIMED 14(4)*, Cuba, 2006.
- [5] Kirkham, R. et al. The Break-time Barometer: An Exploratory System for Workplace Break-Time Social Awareness. In Proc. UbiComp, Switzerland, 2013.
- [6] Schmidt, K. & Bannon, L., "Computer Supported Cooperative Work (CSCW)", the Journal of Collaborative Computing and Work Practices, 1992.
- [7] Ellis, C.A et al, "Groupware: Some issues and experiences." Communications of the ACM 34, pp. 38-58, USA, NY, 1991.
- [8] T. Gross, M. Koch, "Computer-Supported Cooperative Work: Concepts and tools", Bauhaus-Universität Weimar, The International Symposium on Collaborative Technologies and Systems, 2008.
- [9] Rapisarda B, "The impact of emotional intelligence on work team cohesiveness and performance", The International Journal of Organizational Analysis, Vol. 10 Iss: 4, pp.363 – 379, 2002.
- [10] Trougakos J.P et al. "Making the Break Count: An Episodic Examination Of Recovery Activities", Emotional Experience, and Positive Affective Displays. In Academy of Management Journal, 51(1):131-146, 2008.

[11] Vyas, D. and M. van de Watering. "Engineering social awareness in work environments." Universal access in human-computer interaction: Ambient Interaction, 254-263, China, 2007

[12] Streitz, N. et al., "Situating Interaction with Ambient Information: Facilitating Awareness and Communication in Ubiquitous Work Environments", Tenth International Conference on Human-Computer Interaction, Greece, 2003.

[13] Clarke, J.A et al., "Pervasive sensing as a mechanism for improving energy performance within commercial buildings", Building Simulation and Optimization, London, UK, 2014.