

EST, Concurso de Trabajos Estudiantiles

## Computación corporal: Expansión de la sensibilidad computacional hacia mejores experiencias de usuario

**Abstract.** El presente trabajo propuso el desarrollo de las aplicaciones e interfaces necesarias que permitieran involucrar a las tecnologías vestibles en el escenario computacional que daba soporte a científicos de las Ciencias Biológicas al realizar tareas de relevamiento florístico. Con este fin, se seleccionaron algunos casos de uso del dominio de aplicación existente y se propusieron escenarios alternativos utilizando un dispositivo vestible con rápidas y simples interacciones que lograran liberar a los científicos de tener que utilizar otros dispositivos móviles (p. ej.: una tablet) y lidiar con interacciones más engorrosas o que insumen mayor cantidad de tiempo (típicamente de espera), simplificando y aliviando su tarea, permitiendo ello, conjeturar que fue posible hacer un uso más eficiente de uno de los recursos más críticos en este tipo de escenarios de utilización, como es la energía de dichos dispositivos. Para ello fue necesario un completo estudio de las posibilidades de interoperabilidad entre las distintas tecnologías involucradas y consecuentemente la construcción de las piezas de software que dieran lugar a un soporte computacional móvil y vestible, diseñado para sacar el mayor provecho de cada una de las tecnologías del dominio planteado.

### 1 Introducción

El presente trabajo buscó determinar si la introducción de un producto propio del ámbito de la computación vestible a un escenario computacional preexistente tiene por consecuencia mejores experiencias de usuario, susceptibles de ser extrapolables a otros dominios de aplicación.

Este escenario al que nos referimos, se trata de la actividad de relevamiento florístico llevado a cabo por científicos de las Ciencias Biológicas en la extensa área central de la provincia del Chubut. Los científicos aplican metodologías que les permiten identificar y describir los patrones espaciales de la vegetación [7] y diversas características como la distribución y la variación frente a distintos disturbios antrópicos y naturales de la flora (tales como pastoreo, incendios, fenómenos volcánicos, etc.), entre otros.

Esta tarea se realiza durante las denominadas *campañas de relevamiento* (registro supervisado e intensivo de datos), que suelen durar entre tres y seis días consecutivos y suelen llevarse a cabo en zonas desconectadas, adentradas en áreas rurales e incluso alejadas de la red eléctrica. Utilizando diferentes métodos expeditivos y no destructivos tales como el *Point Quadrat* [8,9,10], se recolectan los datos necesarios para establecer hipótesis sobre el comportamiento e impacto de las posibles perturbaciones en la vegetación.

Durante una campaña, los científicos se van desplazando constantemente a distintos puntos de interés en uno o más vehículos. Cada vez que uno de estos puntos de interés es alcanzado, uno de los científicos realiza una visita a una *transecta*.

## 2 Computación corporal y mejores experiencias de usuario

Una transecta es una línea recta imaginaria de 300 mts ubicada en el campo a una distancia aproximada de 200 mts del camino en dónde, básicamente, el científico registrará al menos 100 elementos de información en relación a las especies florísticas encontradas. Entre estos elementos de información se consideran el estado del suelo y las especies florísticas, mientras que opcionalmente se puede enriquecer la información de cada punto con notas, fotos, etc.

Así, el científico habrá caminado aproximadamente 800 mts en total por cada transecta, 500 mts al ir desde el primer hasta el último punto de ésta, recogiendo elementos de información y aproximadamente 300 mts para desandar el camino recorrido. Esto último es debido al hecho de que el científico, típicamente elige un camino más corto para volver al vehículo.

Las jornadas de relevamiento realizadas durante el transcurso de una campaña, tienden a aprovechar al máximo el tiempo en el que se cuenta con la luz solar. Por esta razón, la cantidad de transectas a poder realizar en un solo día, varía de estación en estación.

Al mismo tiempo, es importante distinguir la exigencia física y el esfuerzo llevado a cabo por el científico (que ocupa el rol de usuario en este escenario computacional). Para tener una impresión más certera acerca de ello, se debe señalar que al transcurrir apenas un par de días de campaña, habrá caminado más de 15 kilómetros, con la concentración de llevar a cabo correctamente el trabajo, habiéndose encontrado alejado de la comodidad que suponen las zonas urbanas y enfrentando situaciones climáticas incómodas para su tarea, donde son muy frecuentes los días de viento y de frío o de calor por fuera del rango de las temperaturas más agradables para las personas.

## 2 Antecedentes Tecnológicos

En un principio, durante la realización del trabajo descrito anteriormente se utilizaban herramientas como dispositivos GPS, brújulas, cámaras de fotos, planillas en papel, etc.

Luego, durante el transcurso del año 2015, se desarrolló *LeafLab*, como resultado del trabajo “Aplicaciones móviles multiplataforma sensibles al contexto: Una aplicación científica para el relevamiento florístico” [4] siendo ésta, una primera solución informática al dominio planteado.

El proyecto *LeafLab* está compuesto por dos grandes componentes: una aplicación móvil y una aplicación web. A continuación, se detallarán brevemente las características de ambos.

### 2.1 Características de LeafLab

*LeafLab* es una aplicación que los científicos instalan en un dispositivo móvil (p. ej.: una tablet), y llevan consigo al campo para realizar las tareas de relevamiento florístico. Esta aplicación dispone de las siguientes características:

- **Gestión de Campañas:** Permiten administrar las campañas de relevamiento, creando, editando y eliminando instancias de éstas.

- Gestión de Transectas: Del mismo modo que la gestión de campañas, permiten al usuario administrar las transectas de una o varias campañas. Las transectas contienen información referente a los puntos de cada recorrido que realiza el científico. Los recorridos pueden llevarse a cabo varias veces con el correr del tiempo, por lo cual, los datos pertinentes se asocian a cada visita.
  - Nueva visita: Permite comenzar una nueva visita a una transecta.
  - Carga de datos florísticos:
    - \* Especie de la/s planta/s del punto.
    - \* Estado fenológico de la/s misma/s.
    - \* Estado de aguja\*: Toque directo, Muerto en pie o Suelo desnudo.
    - \* Items: Notas, Fotografías, etc.
  - Adjunto de la visita: se incluyen, muestras de plantas, fotografías, notas, etc.
  - Desactivar visita: se da por terminada la visita y se guardan los datos de la misma.
- Misceláneas. En esta sección el usuario tiene acceso a las siguientes funciones:
  - Sincronización: permite actualizar y hacer resguardo de la base de datos local.
  - Configuración de la aplicación: ajuste de parámetros personalizados.
  - Listados: Tipos de ejemplares, especies y familias de especies, con el fin de observar los datos cargados y poder manipularlos o crear datos nuevos cuando sea necesario.

\*: El usuario recorre la transecta con una “aguja” que es similar a un trekking pole. Metódicamente la suelta cada tres pasos, para determinar el punto de relevamiento. Luego debe indicar la cantidad de toques que realizó con la aguja sobre una planta.

Al mismo tiempo, el proyecto LeafLab cuenta con una aplicación web denominada *LeafLabServer* cuya interfaz gráfica permite navegar los datos florísticos ya relevados ofreciendo diferentes tipos de filtros y funciones especialmente útiles para tareas de sincronización de base de datos. Esta última característica, es aprovechada para cargar los datos necesarios para realizar una campaña en LeafLab y para tomar los datos relevados cuando sea hayan finalizado las tareas de relevamiento. En la figura 3 del Apéndice puede observarse la aplicación LeafLab en funcionamiento, indicándole al usuario el rumbo hacia el cual debe caminar para llegar al siguiente punto de la transecta que se encuentra recorriendo.

### 3 Solución Planteada

Habiendo conocido el contexto en el cual se desempeñan los científicos biólogos y cómo el proyecto LeafLab realiza una primera intervención tecnológica en este escenario es como puede entenderse que el desarrollo propuesto en este trabajo, encontró grandes desafíos en relación a poder mejorar la experiencia del usuario con el medio computacional.

## 4 Computación corporal y mejores experiencias de usuario

Dado que los científicos suelen visitar las transectas más de una vez por año, esto presenta la oportunidad de mejorar la eficiencia en la realización de su labor, ofreciendo mayor sensibilidad a su contexto y utilizando información relacionada a visitas realizadas con anterioridad desde el medio computacional.

Con esto en mente, se propuso la introducción de un nuevo y pequeño dispositivo corporal que le permita a los científicos disponer de sus manos como así también de poder relajar su atención en relación al consumo de energía de los dispositivos al momento de trabajar. Para llevar esto a cabo, se consideraron apropiadas las siguientes propuestas de mejora a la solución tecnológica existente, estando particularmente orientadas a:

- Analizar las interacciones existentes para la realización de tareas específicas con el objetivo de simplificarlas.
- Evitar que el foco de atención del científico se centre en los conceptos técnicos del uso de la aplicación.
- Enriquecer las modalidades de interacción científico-sistema.
- Ahorrar energía en los dispositivos.
- Ahorrar tiempos en la ejecución de tareas.

Luego, para hacer realidad estas propuestas se creó el proyecto *LeafLabWear* enfocado en intervenir en los siguientes escenarios:

- Activar una nueva visita en la transecta más cercana en base a la ubicación actual del usuario, sin la necesidad de realizar la búsqueda manual de un código mnemotécnico en la aplicación móvil LeafLab.
- Obtener las recomendaciones de especies para la visita activada en base a las visitas históricas de la transecta.
- Notificar al usuario ante eventos importantes:
  - Finalización de tareas correspondientes al sensado de la ubicación por parte del GPS del dispositivo móvil (tarea en la que la aplicación móvil suele dejar al usuario en espera).
  - Presencia de notas en el punto que se encuentra visitando. Estas notas corresponden a visitas anteriores de la transecta.
- Ofrecer la posibilidad de leer y crear notas en cada punto de la visita actual.
- Permitir al usuario repetir la elección del punto anterior registrado en la visita actual, sin importar en qué dispositivo fue registrado.
- Proveer un atajo para permitir tomar fotos desde el dispositivo móvil que ejecuta LeafLab con el fin de asociarlas como elementos adjuntos a la visita actual.
- Proveer un atajo para desactivar la visita actual tanto en LeafLab como en LeafLabWear, reestableciendo el estado de las aplicaciones al punto inicial.

#### 4 Marco Teórico

Habiendo descrito brevemente la solución planteada, a continuación se presentarán los conceptos teóricos detrás del campo de la computación vestible: *Wearable Computing*, *Interfaces de Usuario Distribuidas*, relevancia de la *Sensibilidad*

al *Contexto* en relación a la *Experiencia de Usuario* y *Diseño Centrado en el Usuario*. Éstos, permitirán crear un marco referencial apropiado para comprender las bases de esta investigación.

Luego, en la sección **Desarrollo** de este trabajo, se procederá a describir con mayor nivel de detalle el proyecto LeafLabWear, que lleva a la práctica conceptos del marco teórico.

#### 4.1 Wearable computing

Wearable computing es definido por Joshua Klein, Aaron Tooney [1] como cualquier dispositivo que:

- A Califique como dispositivo computacional (es decir, es capaz de reunir, almacenar, correlacionar o al menos, procesar información).
- B Que sea utilizado o llevado por una persona de manera habitual.
- C Cuya interacción primaria sea con la persona que la utiliza/lleva consigo.

Para evitar confundir los términos y llegar a considerar a un teléfono móvil como una computadora corporal, es necesario extender la característica B tomando parte de la definición de Steve Mann [2], que hace hincapié en la portabilidad de estos dispositivos en términos de:

“[...] debajo, en, sobre la ropa o inclusive la propia ropa.”

Lo cual nos deja una definición más completa de lo que es la computación vestible.

Podemos destacar dos características importantes cuando hablamos de computación vestible. Por un lado tenemos la *transparencia*, que podemos interpretarla como el grado en el que el uso de la computadora corporal es visible en el conjunto de actividades llevadas a cabo diariamente por el usuario. Tiene en cuenta atributos como: forma, dimensiones, estilo e interfaz de usuario del dispositivo.

La métrica que resulta más útil para medir la transparencia, es la tasa de tiempo total invertido por el usuario para realizar una tarea en relación con el tiempo invertido en su interfaz de usuario:

“Mientras menos tiempo el usuario pierda en la interfaz para realizar alguna tarea, más alta es la transparencia del dispositivo.”

Por otra lado, la otra característica destacable es la *eficacia*. Ésta permite medir el grado en el cual la computadora vestible es efectiva.

Con el objetivo de definir este concepto para dispositivos vestibles, se necesita tener en cuenta el propósito de los mismos. Para ello, es necesario añadir un requerimiento más a la definición de Joshua Klein y Aaron Toney, antes mencionada.

“D - El propósito de una computadora corporal es proveer a su usuario del sentido, conocimiento u oportunidad de ser más capaz, o simplemente capaz, de completar una tarea o conjunto de tareas.”

La eficacia es entonces, una medida del grado en el cual la computadora vestible permite a su usuario realizar tareas completamente nuevas para éste o hacer más sencillas las tareas que ya es capaz de realizar.

La eficacia puede ser medida en función de la cantidad de ajustes requeridos por el usuario en el dispositivo para configurar el uso del mismo.

#### 4.2 Interfaces de Usuario Distribuidas

En el escenario de trabajo en el que se desarrolló esta tesina, nos encontramos con una aplicación móvil preexistente y completamente funcional a la cual se le añadió computación vestible por medio de software creado para funcionar en un reloj inteligente. Es por ello que la Interfaz de Usuario pasó de pertenecer por completo a un solo dispositivo a encontrarse distribuida entre dos de ellos: un dispositivo móvil y uno vestible.

El estudio de las Interfaces de Usuario Distribuidas (DUI<sup>1</sup> para futuras referencias) forma parte del campo de investigación y desarrollo de las Interacciones Humano-Computadora (HCI<sup>2</sup>).

Las DUI, no conforman otro tipo particular de Interfaz de Usuario (UI<sup>3</sup>), como podría ser “gráfica”, “tangible” o “de línea de comandos”, sino que describen un conjunto particular de características que debe cumplir la UI y que puede involucrar cualquier tipo de UI.

Una definición de Interfaces de Usuario Distribuidas que puede extrapolarse de la definición de Sistemas Distribuidos, como lo hace Jose A. Gallud y otros (2011) [3], sostiene que una DUI consiste de múltiples interfaces de usuario autónomas que se comunican a través de una red de dispositivos computacionales.

Entonces, distribuir la UI se trata de repartir uno o varios elementos de una o varias interfaces de usuario para trabajar con uno o múltiples usuarios, llevando a cabo una o múltiples tareas en uno o muchos dominios en uno o múltiples contextos de uso. Estos contextos de uso son en sí mismos una combinación de usuarios, plataformas y entornos.

#### 4.3 Relación entre Experiencia de Usuario y Contexto

Al incorporar computación vestible a un sistema en funcionamiento que aborda la sensibilidad al contexto, cabe preguntarse qué papel ocupa el contexto en el funcionamiento de nuestra aplicación en particular.

Anind K. Dey, define contexto en [5] como sigue:

“El contexto es cualquier información que pueda ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad puede ser una persona, un lugar o un objeto que es considerado relevante para la interacción entre el usuario y una aplicación, eventualmente incluyendo al usuario y a la aplicación misma.”

<sup>1</sup> Distributed User Interfaces

<sup>2</sup> Human-Computer Interactions

<sup>3</sup> User Interface

En adición, existe un concepto denominado *Sensibilidad a la Situación* (Situation-aware en inglés, SA) que suele aparecer en la computación de los MDE (multi-device environments).

En el escenario de desarrollo planteado para este trabajo, se tiene un software que se ejecuta simultáneamente en un dispositivo móvil y uno vestible, que funciona en un entorno de computación ubicua, por lo cual, ser sensible o consciente de la situación, significa considerar un conjunto de contextos pasados y/o acciones realizadas por dispositivos individuales que se consideran relevantes para el comportamiento del dispositivo en futuros escenarios [11].

Es por ello que el escenario planteado anteriormente, se apoya en este concepto para actuar como asistente durante la utilización del entorno computacional (en la sección “Desarrollo” se explican en profundidad los casos de aplicación), persiguiendo el objetivo de mejorar la Experiencia de Usuario.

La Experiencia de Usuario (User Experience, en inglés, UX), es aquella experiencia creada por un servicio o producto percibida desde la perspectiva de la gente que vive en el mundo real, es decir, ubicando al producto o servicio dentro de las actividades cotidianas de las personas, con sus interacciones y sus contextos.

El estudio de la UX apunta a mejorar la eficiencia, básicamente de dos maneras claves: ayudando a los usuarios a trabajar más rápido y ayudando a que éstos cometan menos errores.

La tarea de crear experiencias de usuario eficientes y atractivas se denomina “Diseño centrado en el Usuario”. El concepto transversal del Diseño Centrado en el Usuario sostiene que se debe tener en cuenta al usuario en cada paso del desarrollo del producto/servicio.

#### 4.4 Diseño centrado en el usuario

El diseño centrado en el usuario (User Centered Design, en inglés, UCD) puede considerarse como una aplicación práctica de la disciplina de la interacción humano-computadora, la usabilidad y la experiencia de usuario.

Muriel Garreta Domingo y Enric Mor Pera en [6] definen al UCD desde tres perspectivas:

- Como una aproximación al diseño de productos y aplicaciones que sitúa al usuario en el centro de todo el proceso.
- Como una filosofía que sostiene que el éxito de un producto se garantiza si se tiene en cuenta al usuario en todas las fases del diseño.
- Como metodología de desarrollo que resulta en una forma de planificar los proyectos y un conjunto de métodos que se pueden utilizar en cada una de sus fases principales.

El UCD tiene como objetivo entender las características propias de los usuarios y sus necesidades puntuales para crear productos que les resulten útiles y usables. Para diseñar pensando en el usuario es fundamental:

- Investigar y analizar a los usuarios.

## 8 Computación corporal y mejores experiencias de usuario

- Llevar a cabo el diseño propiamente dicho.
- Evaluar este diseño.
- Volver al principio de manera iterativa.

En la iteración es cuando cada fase se retroalimenta de las otras.

## 5 Desarrollo

En esta sección se expone cómo fueron aplicados los conceptos descritos anteriormente. El resultado del desarrollo de esta tesina fue el proyecto LeafLabWear, que consta de una aplicación vestible (también llamada LeafLabWear) capaz de funcionar en conjunto con la aplicación móvil LeafLab, a la cual se le realizaron algunas adaptaciones con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario recolector de la información florística.

El dispositivo elegido para ejecutar la aplicación vestible fue un reloj inteligente (smartwatch) con sistema operativo Android Wear. En particular se eligió el Sony Smartwatch 3, ya que resultó ser el dispositivo vestible más conveniente debido a la relación precio/calidad, la cantidad de sensores, la disponibilidad en el mercado nacional y las facilidades provistas por las herramientas de desarrollo del framework Android.

### 5.1 Adaptaciones a LeafLab

Dado que ambas aplicaciones debían funcionar al unísono, debieron realizarse algunas adaptaciones sobre el código fuente de LeafLab, las cuales abarcaron diferentes aspectos técnicos y estéticos:

- **Comunicación:** Construir un canal de comunicación bidireccional entre las aplicaciones teniendo en cuenta que ambas pertenecen a paradigmas diferentes, LeafLab es una aplicación híbrida mientras que LeafLabWear es una aplicación nativa. Por ello, se decidió utilizar *WebSockets*.
- **Sugerencias:** Utilizando información histórica de la transecta (visitas anteriores), se construyó un listado de sugerencias rápidas que intentan evitar que el usuario pierda tiempo buscando una especie entre todas las disponibles.
- **Botones “Ver Notas” y “Desactivar Campaña”:** Por motivos de mejora de la usabilidad de la aplicación, se añadieron dos botones al menú de opciones que dispone el usuario al momento de realizar un recorrido:
  - “Ver Notas”: Para cada punto de una transecta, permite ver las notas asociadas.
  - “Desactivar Campaña”: Permite dar por finalizada la campaña guardando o descartando los datos relevados hasta el momento y dejando a la aplicación lista para ser utilizada nuevamente.
- **Sincronización selectiva:** Por razones asociadas a la performance de la aplicación se optó por permitir la la sincronización individual de ciertos componentes (p. ej.: transectas, notas y sugerencias).



## 5.2 Proyecto LeafLabWear

A continuación se detallan los componentes principales del proyecto LeafLabWear.

Si bien el framework Android ya provee mecanismos de comunicación entre los dispositivos vestibles y móviles como se plantea en este trabajo, dicha comunicación sólo es posible si se lleva a cabo entre aplicaciones escritas en lenguaje nativo. Esto supone un problema ya que, como se mencionó anteriormente, LeafLab es una aplicación híbrida, por lo cual fue necesario crear una especie de intermediario o proxy que fuera capaz de “transformar” los mensajes al formato correcto para cada aplicación.

Por esta razón, el proyecto LeafLabWear tiene dos partes: una aplicación vestible (cuyo nombre es el mismo que el del proyecto) y una aplicación móvil que contiene dicho proxy. Ambas aplicaciones fueron escritas en lenguaje nativo.

Para dar una noción general de la estructura del proyecto, las figuras 1 y 2 del Apéndice contienen dos diagramas que ilustran de modo general y en detalle (respectivamente), las distintas interacciones presentes en el flujo de trabajo final incluyendo al usuario de las aplicaciones. Este último, podrá interactuar de manera indiferente con cualquiera de ellas en cualquier momento. Internamente, las aplicaciones compartirán mensajes entre sí para mantener el estado actual del relevamiento de datos.

**LeafLab Proxy.** Es el componente móvil del proyecto LeafLabWear y ofrece una interfaz que asegura una comunicación bidireccional fluida y eficaz. Se comunica con el dispositivo vestible que funciona con Android Wear mediante las API's apropiadas y con el dispositivo móvil utilizando *WebSockets*. Este componente de la aplicación, tiene a su vez los siguientes subcomponentes:

- **Service:** Funciona en segundo plano permitiendo la conexión entre el dispositivo vestible y el dispositivo móvil sin interrumpir el funcionamiento fluido de la aplicación. Administra el WebSocket Server.
- **WebSocket Server:** Es el mecanismo encargado de la gestión de la comunicación existente entre LeafLab y LeafLabWear. Este mecanismo resuelve el problema dado por las tecnologías involucradas permitiendo definir un protocolo de comunicación en forma de eventos.
- **Mobile:** Es una interfaz gráfica minimalista que permite de una forma activar o desactivar el funcionamiento del componente Service, de una manera más práctica.
- **Broadcast Receiver:** Agiliza el flujo de utilización de la aplicación automatizando procesos de inicialización y finalización de los componentes valiéndose de los eventos propagados por el sistema operativo.

Es importante mencionar que tanto LeafLab como LeafLabProxy funcionan simultáneamente en un mismo dispositivo, siendo esta última aplicación “invisible” al usuario dado que funciona en segundo plano, la conexión mediante WebSockets se realiza de manera local, evitando así la necesidad de requerir conexión a internet para que todo funcione correctamente.

**LeafLabWear.** Es la aplicación destinada a funcionar en el dispositivo vestible, en nuestro caso, el reloj inteligente, siendo de utilidad luego de la primera visita a las transectas. Esto es así, debido a que su funcionalidad cobra sentido al contar con datos relevados en visitas anteriores. Por ejemplo, al mostrar en pantalla las sugerencias de especies con más probabilidad de aparición en la transecta actual y al modificar tales sugerencias según se vaya avanzando en el relevamiento de los puntos dentro de la transecta.

Al momento de comenzar la etapa de desarrollo de esta aplicación, se tuvo en cuenta la premisa de no duplicar funcionamiento que ya existiera en LeafLab, proponiendo así su funcionamiento bajo la analogía de “control remoto”, en la cual el dispositivo vestible se dedica únicamente a dar órdenes al dispositivo móvil (a través del protocolo de comunicación diseñado) y es éste último quien realiza el trabajo “pesado”. Esto, favorece la reusabilidad de código preexistente y simplifica la cantidad de procesamiento a realizar en el reloj, preservando sus recursos, evitando robarle el foco de atención al usuario, entre otros.

En el Apéndice, la Figura 4 ilustra las diversas pantallas de la LeafLabWear, a modo de mapa de navegación.

#### *Características principales.*

- Activar transecta: Le permite al usuario activar la transecta más cercana a su posición, sin que éste tenga que recordar datos específicos sobre esta (nombre de campaña, nombre de transecta).
- Listado de sugerencias: Extiende la interfaz de usuario de LeafLab hacia LeafLabWear, mostrando el listado de sugerencias de especies con aparición más probable. El usuario navega la lista haciendo scroll con el mismo gesto que en un dispositivo móvil. Cuando éste selecciona una especie, la aplicación vestible lo redirige a una pantalla en la cual debe indicar el estado de la aguja: Toque Directo, Muerto en Pie o Suelo Desnudo. Aquí el usuario puede seleccionar el estado de la aguja y en consecuencia los datos son guardados, o volver al listado haciendo click en el nombre de la especie.
- Al mismo tiempo y mediante el uso del gesto *swipe*, el usuario puede:
  - Filtrar las sugerencias mostradas en el listado bajo 3 criterios:
    - \* Según cantidad de apariciones en visitas anteriores.
    - \* Según orden alfabético.
    - \* Navegación automática: La aplicación detecta en qué punto se encuentra el usuario y destaca la especie elegida en ese mismo punto en visitas anteriores, navegando automáticamente la lista de opciones.
  - Ver información del punto actual: Se muestra en pantalla un indicador del punto en el cual se encuentra el usuario dentro el recorrido. También se muestran dos botones:
    - \* Repetir punto: Permite repetir la elección de especies realizada en el punto anterior (tanto en el reloj como en la tablet).
    - \* Ver y crear notas: Presenta un listado de notas para el punto actual (si es que existen) y permite crear una nota utilizando reconocimiento de voz y convirtiéndolas a texto.

- Opciones finales: Al finalizar el recorrido el científico puede seguir recolectando datos que serán almacenados como adjuntos de la visita o bien, dar por finalizada la visita actual, lo cual provoca el guardado de los datos almacenados hasta el momento y la restauración de las interfaces a un punto en el cual todo el proceso de visita puede ser realizado nuevamente.
- Probar conexión: Se añadió una utilidad que prueba la conexión entre los dispositivos para asegurar que todo funciona antes de comenzar.

*Limitaciones.* Al tratarse de una aplicación con fines experimentales, existen ciertos escenarios en los cuales LeafLabWear no es aplicable y por lo tanto, las acciones deben realizarse en LeafLab (dispositivo móvil):

- Si se trata de la primera vez que se lleva a cabo un recorrido (transecta sin visitas previas).
- Al almacenar el primer punto de los cien puntos que componen una transecta.
- Si se desea almacenar más de una planta por punto.
- Si al momento de almacenar un punto, es necesario indicar que se realizó más de un toque (por defecto, LeafLabWear configura la cantidad de toques a 1).
- Si al seleccionar una especie, ésta no se encuentra presente en las sugerencias, ya sea porque no ha sido registrada en alguna visita anterior a alguna transecta o que se trate de una nueva especie jamás registrada.
- Si es necesario crear:
  - Nuevas campañas o transectas.
  - Nuevas especies, familias o tipos de ejemplares.
  - Si se desea sincronizar con el servidor.

## 6 Experimentación

La etapa de experimentación fue llevada a cabo en la misma zona en la cual se realizó la experimentación del trabajo [4], es decir, en zonas cercanas a la localidad de Telsen, Chubut. Se dispuso hacerlo de ese modo para poder tener puntos de comparación con el trabajo original y así poder evaluar el desempeño de la aplicación construida.

### 6.1 Metodología

El procedimiento consistió en recolectar mil muestras correspondientes a diez transectas de cien puntos cada una.

Las mediciones que se enuncian a continuación se realizaron en el siguiente escenario:

1. Guiándose mediante GPS, el usuario se dirige en su vehículo hasta una ubicación lo más cercana posible al primer punto de la transecta.
2. Al llegar, todavía debe caminar hasta las coordenadas del primer punto.
3. Mientras el usuario se alista para realizar el recorrido de la transecta, presiona el botón activar transecta más cercana en el reloj.

## 12 Computación corporal y mejores experiencias de usuario

4. Cuando esto sucede, LeafLab realiza las tareas de sensado de la posición y operaciones pertinentes al manejo del GPS en segundo plano.
5. Un pequeño estímulo vibrotáctil del reloj le indica al usuario que LeafLab ya está lista para asistirlo para llegar hasta la posición del primer punto de la transecta.
6. El usuario comienza a registrar los elementos de información de la transecta hasta que la visita está completa.
7. Una vez finalizado el registro de puntos, el usuario retorna al vehículo para repetir el paso 1 con la próxima transecta más cercana.

Los datos que se registraron fueron:

1. Tiempo de navegación hasta el primer punto (activar transecta c/reloj).
2. Tiempo total de la visita (desde el registro del primer punto hasta el último).
3. La cantidad de veces que se utilizó la aplicación móvil para registrar un punto.
4. La cantidad de veces que se utilizó el reloj para registrar un punto.
5. La cantidad de veces que se podría haber utilizado el reloj para registrar un punto.
6. El nivel de batería de los dispositivos (reloj y tablet) justo antes de comenzar la visita.
7. El nivel de batería de los dispositivos justo después de finalizar la visita.

Donde el tiempo de navegación hasta el primer punto es el lapso medido desde que el usuario está listo para dirigirse hacia el primer punto y LeafLab se encuentra en condiciones de guiarlo, hasta que el usuario se encuentra efectivamente en dicha ubicación.

Luego, para poder medir 3, 4 y 5, se ideó una métrica a la cual se llamó “factor de utilización del reloj” con el fin de conocer con qué dispositivo se lleva a cabo el relevamiento en un punto. Para ello, se tuvieron en cuenta dos conceptos que forman parte de la métrica mencionada:

- El factor de utilización esperado: sirve para reflejar el porcentaje de la transecta en la cual LeafLabWear es utilizable (tener en cuenta el apartado Limitaciones, en la sección anterior). Se calcula teniendo en cuenta que al momento de registrar un punto, dicho registro es realizable desde el reloj solo si la especie a seleccionar se encuentra en el conjunto de sugerencias o si se indica la repetición del registro inmediato anterior.
- El factor de utilización efectivo: indica el porcentaje de puntos en los cuales se utilizó LeafLabWear efectivamente con respecto a los puntos en los cuales era utilizable.

## 7 Resultados obtenidos

### 7.1 Tiempos de Navegación al Primer Punto

Para cada transecta visitada se midieron los tiempos de navegación al primer punto. Las mediciones obtenidas están reflejadas en la Tabla 1 del Apéndice.

En las diez transectas realizadas se registró un promedio de llegada al primer punto de aproximadamente 3 minutos en comparación con un promedio de 4 minutos 42 segundos obtenido mediante los datos registrados en la Tabla 5 del Apéndice, donde se listan los tiempos correspondientes a los recorridos hasta el primer punto en 50 transectas distintas utilizando LeafLab exclusivamente.

Se observa que con la inclusión de LeafLabWear se alcanza una mejora promedio de 1 minuto 45 segundos, es decir, que el científico es capaz de llegar al primer punto de una transecta un 37.34% más rápido. A su vez se destaca en esta misma tabla, que el usuario solía confundir frecuentemente la transecta que debía activar (causando demoras), mientras que eso nunca sucedió en la experimentación utilizando LeafLabWear ya que este proceso es llevado a cabo automáticamente.

## 7.2 Tiempos de duración y utilización de LeafLabWear

Los datos registrados durante las tareas de recolección de los 100 elementos de información de las 10 visitas pueden verse en la Tabla 2 del Apéndice. En resumen, estos datos reflejan que utilizando LeafLab y LeafLabWear en conjunto:

- Se requiere un tiempo total de 5 horas, 16 minutos y 17 segundos.
- En el 93,5% de las ocasiones, la especie de un punto estaba disponible en las sugerencias de LeafLabWear, lo que es equivalente a 935/1000 puntos (factor de utilización esperado).
- Sólo en el 6,5% de las ocasiones (65/1000 puntos), el usuario se vio obligado a utilizar únicamente LeafLab, debido a los escenarios particulares descritos anteriormente en el apartado “Limitaciones”.
- Por último, el factor de utilización efectivo de LeafLabWear fue 97,54%. Esto significa que el usuario utilizó la aplicación en 912 de los 935 puntos en los que era posible utilizarla.

Como resultado del experimento, pudo notarse que el hecho de incorporar computación vestible al sistema se vio reflejado en una disminución importante en los tiempos.

En el Apéndice, la Tabla 3, ilustra una comparativa de los tiempos totales registrados en el relevamiento de datos florísticos de 10 transectas utilizando LeafLab exclusivamente con respecto a los tiempos registrados al incorporar LeafLabWear.

Analizando estos valores se puede observar que de un experimento a otro, la tarea de relevamiento del usuario, parte de demandar un total de 491 minutos (u 8 horas, 11 minutos) a un total aproximado de 316 minutos (o 5 horas, 16 minutos, 17 segundos).

Por lo cual, se sabe que al utilizar la combinación de ambas aplicaciones, la tarea de relevar la misma cantidad de puntos en la misma cantidad de transectas, disminuye la jornada de trabajo del usuario en aproximadamente 2 horas, 54 minutos y 43 segundos, es decir, puede realizarse un 35,58% más rápido. Al mismo tiempo, la duración promedio de una transecta pasa de demandar 49 minutos con 36 segundos a 31 minutos con 38 segundos, resultando en un decremento del tiempo promedio de 17 minutos con 28 segundos por transecta, tal como es reflejado en la Tabla 4 del Apéndice.

### 7.3 Autonomía energética de los dispositivos

Durante la experimentación también se logró medir en ambos dispositivos:

- El porcentaje de consumo de energía promedio entre visitas:
  - La tablet, dispositivo en el cual funciona LeafLab, arrojó un consumo promedio de energía del 4%.
  - El reloj inteligente, dispositivo en el cual funciona LeafLabWear, mostró un consumo promedio de energía del 14%.
- El porcentaje de recuperación de carga promedio entre visitas:
  - La tablet marcó un 1%
  - El reloj inteligente, un 14%.

Al mismo tiempo puede observarse un cálculo similar en la Tabla 5 del Apéndice, en el cual se obtiene un consumo promedio de energía de 8,26% para la tablet. Tal nivel de consumo se explica por el hecho de que tales mediciones fueron realizadas durante experimentos anteriores a la inclusión de LeafLabWear y por consiguiente, del reloj inteligente. Es por ello que la tablet era el único dispositivo disponible y era utilizado intensamente.

Al incluir otro dispositivo que ayude a facilitar las tareas del usuario y disminuya el nivel de utilización de la tablet, el porcentaje de consumo de este último logra decrementsar en promedio un 50%.

## 8 Conclusiones

Hemos podido comprobar que el concepto de diseño centrado en el usuario aplica perfectamente en un escenario que involucra computación vestible. Esta forma de abordar un problema, ofrece una perspectiva distinta para la creación de productos en la cual, a través de un atento análisis de las necesidades del usuario, ubicamos al mismo en el centro de atención y elaboramos soluciones software a su medida.

Además logramos comprender que un producto que tiene en cuenta el contexto en el cual el usuario lleva a cabo sus actividades, desde etapas tempranas en su creación, indefectiblemente pondrá mejores experiencias a disposición del mismo.

La computación vestible, y por consiguiente la solución desarrollada, nos presenta escenarios que apuntan a: disminuir la cantidad de los elementos que demandan la atención del usuario, aprovechar la comodidad que ofrece un dispositivo de esta naturaleza, explorar los nuevos medios de interacción gestuales y vibrotáctiles que éstos ponen a disposición y, al mismo tiempo, realizar un uso eficiente de los recursos energéticos disponibles.

Por último, consideramos importante resaltar que en un futuro cercano el tipo de plataformas como las estudiadas en este trabajo ganarán gran popularidad, modificando la forma en que las personas interactúan con los sistemas computacionales actuales, en particular con los dispositivos móviles.

## Referencias

1. J. Klein, A. Toney. "What is a Wearable Computer? Metrics for Assessing Wearable Devices", 2000 [Online]. [http://www.hhhh.org/joeboy/publications/tony\\_klein\\_how\\_wearable.pdf](http://www.hhhh.org/joeboy/publications/tony_klein_how_wearable.pdf)
2. S. Mann. "Smart Clothing", 1996. [Online] [http://www.eyetap.org/papers/docs/acm\\_comm96.pdf](http://www.eyetap.org/papers/docs/acm_comm96.pdf)
3. J. Gallud, R. Tesoriero, V. Penichet "Distributed User interfaces. Designing Interfaces for the Distributed Ecosystem" en Human Computer Interaction Series, 2004, pp. 291-302.
4. J. Samuel Almonacid, J. Pablo Navarro. "Aplicaciones móviles multiplataforma sensibles al contexto: Una aplicación científica para el relevamiento florístico". Tesina de grado, Tutor: Diego Andrés Firmenich. Departamento de informática, sede Trelew, Facultad de Ingeniería, UNPSJB, 2015.
5. A.K. Dey. "Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications". p. 4, Georgia Institute of Technology, 2000.
6. Muriel Garreta Domingo, Enric Mor Pera. "Diseño centrado en el usuario", 2010.
7. D. Matteucci, A. Colma. "Metodología para el estudio de la vegetación". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982.
8. R. Evans, R. Love. "The step-point method of sampling - a practical tool in range research". J. Range Manage. 10:208-212, 1957.
9. N. Elissalde, J. Escobar y V. Nakamatsu. "Inventario y evaluación de pastizales naturales de la zona árida y semiárida de la Patagonia". Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación. Cooperación técnica argentino-alemana, Convenio SA y DS- INTA- GTZ: 41, 2002.
10. Ph. Daget, J. Poissonet. "Une méthode d'analyse phytologique des prairies". Annales Agonomiques 22 (1): 5-41, 1982.
11. S. S. Yau, D. Huang, H. Gong, and S. Seth, "Development and runtime support for situation-aware application software in ubiquitous computing environments" in Proceedings of the 28th Annual International Computer Software and Applications Conference, 2004. COMPSAC 2004.

## Apéndice

Tabla 1: tiempos hasta el 1er punto por cada transecta.

Transecta	Tiempo hasta el 1er punto
1	6' 35"
2	1' 50"
3	1' 46"
4	2' 25"
5	3' 46"
6	4' 26"
7	3' 34"
8	1' 50"
9	1' 32"
10	1' 43"
<b>Total</b>	29' 27"
<b>Promedio</b>	2' 57" $\cong$ 3'

Tabla 2: resumen de datos obtenidos en experimentación (1).

Transecta	Duración Transecta	Especie en sugerencias de LeafLabWear (puntos)	Registro desde LeafLabWear (puntos)
1	39' 25"	58	61
2	32' 48"	97	95
3	32' 04"	99	99
4	31' 00"	98	91
5	28' 17"	98	96
6	33' 49"	98	95
7	25' 12"	94	91
8	25' 46"	96	94
9	38' 20"	99	93
10	29' 36"	98	97
<b>Total</b>	316' 17" (5hs 16min 17seg)	935	912
<b>Promedio</b>	2' 57" $\sim$ 3'		



Tabla 3: resumen de datos obtenidos en experimentación (2).

<b>Tiempo Total</b>			
<b>LeafLab</b>	<b>LeafLab + LeafLabWear</b>	<b>Diferencia (tiempo)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
491 min 8 hs 11 min	316 min 17 seg 5 hs 16 min 17 seg	174 min 43 seg 2 hs 54 min 43 seg	-35,58%

Tabla 4: resumen de datos obtenidos en experimentación (3).

<b>Duración promedio transecta</b>			
<b>LeafLab</b>	<b>LeafLab + LeafLabWear</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Diferencia (%)</b>
49min 6seg	31min 38seg	17min 28seg	-35,58%

Tabla 5: 50 transectas utilizando sólo LeafLab

<b>Transecta</b>	<b>Minutos</b>	<b>Observación</b>	<b>Consumo Visita (%)</b>
CM1 T01	0:03:39	-	7
CM1 T02	0:03:41	-	8
CM1 T03	0:03:54	-	8
CM1 T04	0:04:58	Demora GPS	9
CM1 T05	0:03:42	-	7
CM1 T06	0:03:38	-	6
CM1 T07	0:03:47	-	7
CM1 T08	0:06:14	Confunde Transecta	9
CM1 T09	0:03:39	-	8
CM1 T10	0:04:45	Demora GPS	8
CM1 T11	0:03:46	-	7
CM1 T12	0:06:41	Confunde Transecta	8
CM1 T13	0:03:51	-	8
CM1 T14	0:04:57	Demora GPS	9
CM1 T15	0:04:36	Demora GPS	9
CM1 T16	0:07:22	Confunde Transecta dos veces	10
CM1 T17	0:03:42	-	8
CM1 T18	0:06:43	Confunde Transecta, Demora GPS	9
CM1 T19	0:05:48	Demora GPS	9
CM1 T20	0:05:10	Demora GPS	7
CM1 T21	0:05:29	Demora GPS	9
CM1 T22	0:05:45	Demora GPS	8
CM1 T23	0:03:56	-	7
CM1 T24	0:04:48	Demora GPS	10

Transecta	Minutos	Observación	Consumo Visita (%)
CM1 T25	0:06:11	Confunde Transecta	8
CPI T01	0:03:47	-	8
CPI T02	0:03:39	-	8
CPI T03	0:06:05	Confunde Transecta	9
CPI T04	0:03:41	-	7
CPI T05	0:04:40	Demora GPS	10
CPI T06	0:07:23	Confunde Transecta	10
CPI T07	0:03:34	-	8
CPI T08	0:07:35	Punto lejano, Demora GPS	9
CPI T09	0:05:50	Demora GPS	9
CPI T10	0:03:31	-	8
CPI T11	0:05:30	Demora GPS	7
CPI T12	0:04:10	-	9
CPI T13	0:05:01	Demora GPS	8
CPI T14	0:04:18	-	8
CPI T15	0:04:03	-	9
CPI T16	0:03:42	-	7
CPI T17	0:04:54	Demora GPS	9
CPI T18	0:04:12	-	8
CPI T19	0:04:06	-	8
CPI T20	0:03:35	-	7
CPI T21	0:03:45	-	10
CPI T22	0:05:24	Confunde Transecta	9
CPI T23	0:03:38	-	8
CPI T24	0:03:52	-	8
CPI T25	0:04:16	-	9
<b>Total</b>	<b>3:54:53</b>	-	-
<b>Promedio</b>	<b>0:04:42</b>	-	<b>8.26</b>

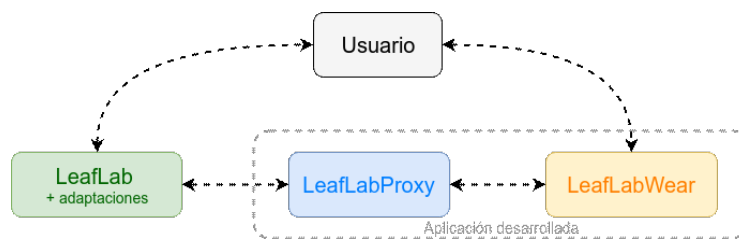


Figura 1: estructura general del proyecto

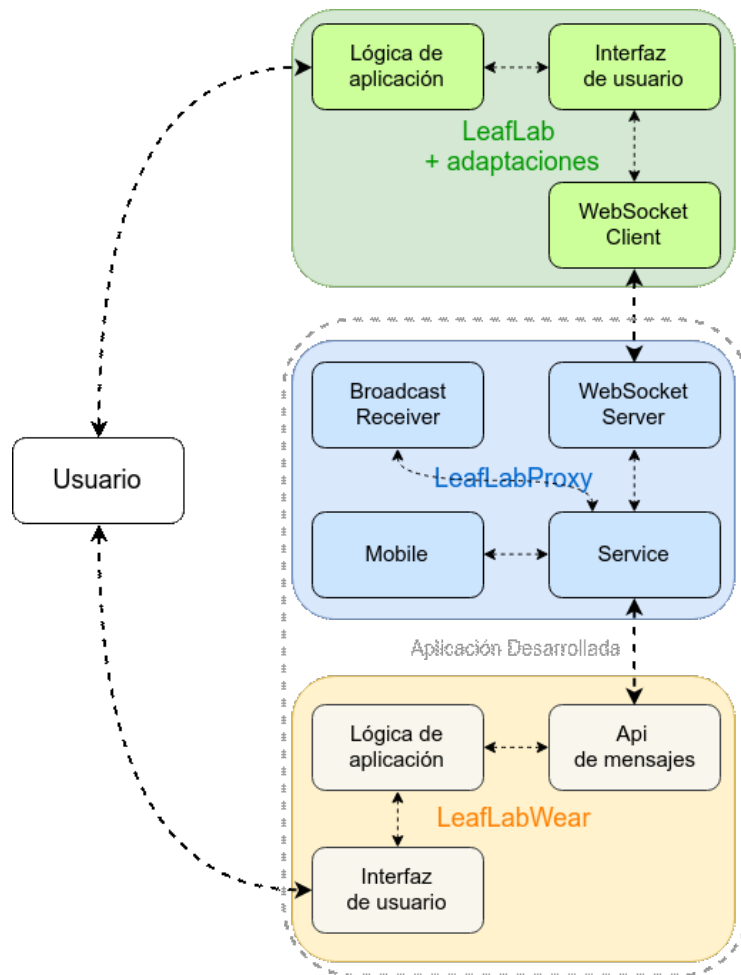


Figura 2: estructura detallada del proyecto

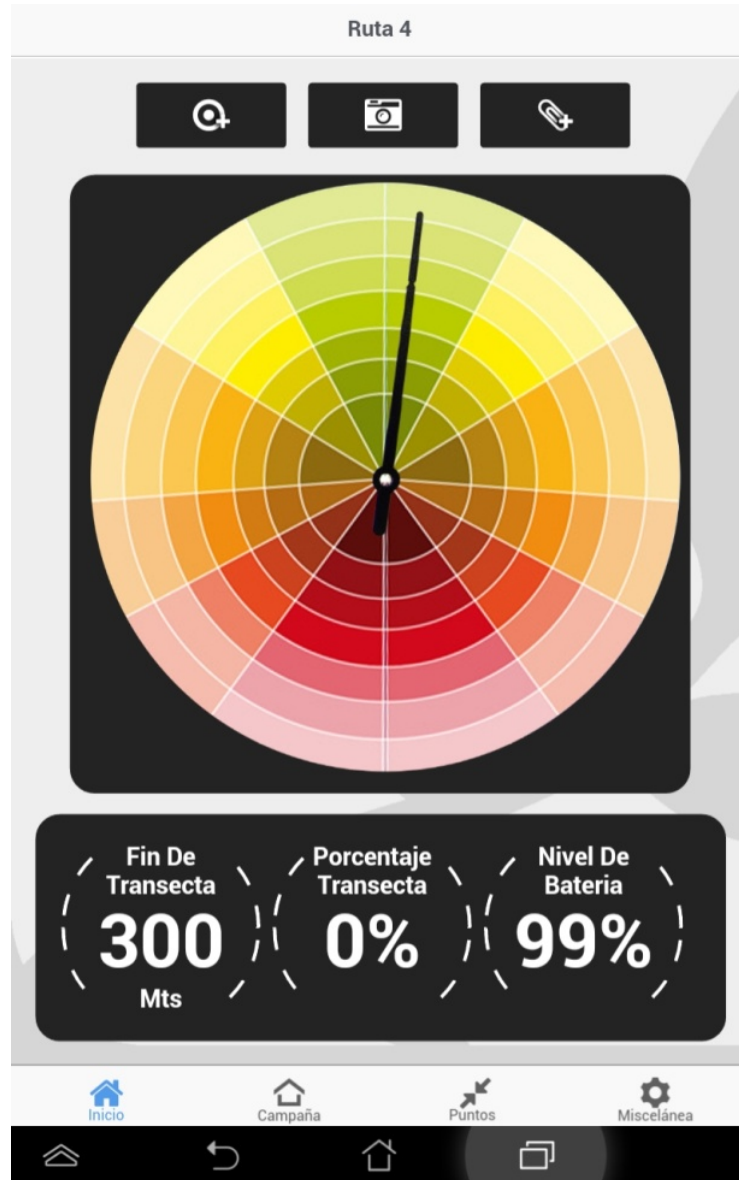


Figura 3: LeafLab en funcionamiento



Figura 4: wireframe de LeafLabWear