

Universidad Nacional del Centro de la Provincia De Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas - Departamento de Computación y Sistemas
Ingeniería de Sistemas

Un prototipo de ambiente Dew para etiquetado y clasificación de ganado

por
Cristian David Roldan

Director: Dr. Matías Hirsch

Co-Director: Dr. Juan Toloza

Trabajo final de carrera presentado como requisito parcial
para optar por el título de
Ingeniero de Sistemas

Tandil, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Agradecimientos

Contents

1	Introducción	1
2	Trabajos relacionados	3
3	Planteo del problema	5
4	Diseño	7
4.1	Login	7
4.2	Sesión de calificación	7
4.3	Arribo de imágenes de vacas	10
4.4	Calificador	10
4.5	Observador	13
4.6	Reportes	14
4.6.1	Observador	16
4.6.2	Calificador	16
5	Conclusiones, Limitaciones y Trabajos Futuros	19
5.1	Login	19
5.2	Calificador	19
5.3	Arribo de imágenes de vacas	20
5.4	Aplicación batch	20
5.5	Calificador	20

CONTENTS

5.6	Observadores	21
5.7	Objetivos futuros	21
Bibliography		23

List of Figures

3.1	Componentes del sistema	6
4.1	Diagrama de componentes - login	8
4.2	Diagrama de componentes - sesión de calificación	9
4.3	Diagrama de componentes - imágenes	11
4.4	Diagrama de componentes: calificador	12
4.5	Diagrama de componentes - Observadores	13
4.6	Diagrama de componentes - Observadores en detalle	15
4.7	Diagrama de componentes - reporte de observadores	17
4.8	Diagrama de componentes - reporte de calificadores	18

LIST OF FIGURES

List of Tables

Introducción

En los sistemas de ganadería bovina existen variables de relevancia para su monitoreo o control como es el caso de la Condición Corporal (CC) que cuantifica el estado energético actual de un animal en base a una escala numérica que resume el estado de partes anatómicas, y es aplicada por un/a observador/a entrenado/a. La CC además permite predecir oportunidades de logro reproductivo para tomar medidas correctivas a tiempo (De Hagen et al., 2010; Maresca et al., 2008; Selk et al., 1988). A pesar de su valor indiscutido, existe una gran subutilización de esta valiosa herramienta de manejo en los sistemas comerciales por múltiples causas, entre las que se encuentran la no disponibilidad regular del/la experto/a en los movimientos de hacienda, superposición de actividades que relega su medición regular, falta local de expertos/as etc.

En términos prácticos, en la mayoría de los casos un/a experto/a califica subjetivamente y selecciona los animales para su carga. Similar al caso de la CC, la posibilidad de generar un aparejo inteligente que haga más objetivo este procedimiento de selección permitiría transparentar, hacer más objetiva y eficiente la transacción de animales vivos destinados a faena.

Dentro de otras variables de importancia (naturaleza productiva, económicas y ambientales), hay consenso que la identificación que la condición corporal y los cambios en la condición corporal son el mejor indicador de las reservas nutricionales de una vaca cuando se lo compara con el peso vivo o cambio de peso vivo ya que estas últimas variables se afectan por las diferencias del peso fetal y llenado de rumen como ha sido tempranamente descrita para lechería (Wildman et al., 1982) y en bovinos de carne (Richards et al., 1986). En la evolución de su uso, hay evidencias sobradas sobre la vigencia del sistema visual de condición corporal, como un gran predictor de capacidad productiva, reproductiva y de bienestar animal (Roche et al., 2009) pero donde siempre debe considerarse la variabilidad entre observadores (Morin et al., 2017).



Trabajos relacionados

A nivel internacional existen tres aparejos comerciales automáticos (DeLaval Suecia, Ingenera SA Suiza, y Biondi Engineering SA Suiza) orientados exclusivamente a lechería que han sido evaluados (O' Leary et al., 2020), pero que no han tenido penetración comercial en la región, posiblemente por costos y modelo de negocio. Por lo tanto se trabajó en la mejora del método de la automatización después de haber analizado la bibliografía donde se han propuestos métodos a partir de procesamiento de imágenes, mediante regresiones o a partir de algoritmos basados en el nivel de angularidad de la zona pélvica (mayor angulosidad se la asocia con menor CC), con diferente grado de automatización y de precisión de los registros (Rodríguez Alvarez et al., 2017).

En este sentido, se avanzó con buenos resultados (Rodríguez Alvarez et al., 2019, 2018) con mejoras en la precisión de la estimación de la CC de vacas tipo Holstein, con respecto a trabajos internacionales previos a una escala de 0.25 (1 delgada y 5 obesa) a partir de redes neuronales y algoritmos de aprendizaje profundo o deep learning (Rodríguez Alvarez et al., 2018).

El objetivo general de este proyecto que comenzó en trabajos anteriores y continuará en el trabajo actual es: desarrollar un prototipo de un aparejo (hard-soft) móvil y robusto en condiciones de campo, que a partir de capturas mediante técnicas de visión computacional (imágenes 3D) obtenidas al paso de los vacunos e inteligencia artificial, cuantifique de forma automática y objetiva, la condición corporal (y potencial reproductivo de vacas) y el grado de terminación de animales de engorde, permitiendo integrar, informar y reportar esa información de forma ágil para la toma de decisión.

Este proyecto tiene cinco objetivos específicos:

1. Expandir la calibración del algoritmo disponible de IA predictor de Condición Corporal para vacas lecheras Holando Argentino, con la inclusión de otras razas lecheras y cruzas, y razas principales de producción de carne.

~~2. Calibrar un algoritmo de IA para predecir el Grado de Terminación (GT, expresado en mm de grasa dorsal y área de ojo de bife en cm², contrastado por ecografía) en bovinos de carne destinados a faena.~~

~~3. Desarrollar un servicio (software) de administración que permita emitir reportes personalizables y con capacidad potencial de integración genérica a un ambiente IoT para conexión futura a otros dispositivos (por ejemplo lectores de RFID para individualizar los datos de forma automática, apartadores automáticos de hacienda, etc.).~~

~~4. Desarrollar un aparejo móvil, robusto, con posibilidad de fuente energética propia, con un branding definido y fácilmente adaptable a instalaciones heterogéneas como las que se presentan en condiciones de campo en lechería y en producción de carne.~~

~~5. Diseñar y validar el modelo de negocios más apropiado para el aparejo de funcionalidad dual (CC y GT).~~

~~En relación al objetivo 1, el grupo de trabajo ha realizado avances preliminares sobre el algoritmo para el procesamiento automático de imágenes de la condición corporal de vacas (Rodríguez Álvarez et al., 2018) y resta ampliar la base de datos de campo para aumentar la capacidad predictiva a otras razas de leche y carne, y proceder al desarrollo de un aparejo comercial con ese propósito.~~

~~El método desarrollado sobre el algoritmo se basa en el uso integral de deep learning para: a) detectar la parte trasera de una vaca en un cuadro de video, lo que se realiza con una red basada en YOLO (You Only Look Once), y b) puntuar la condición corporal a partir de la imagen producción de la detección en a), lo que se realiza con una red basada en CNN (Convolutional Neural Network). Los resultados iniciales mostraron una precisión del 94% y sucesivas mejoras utilizando ensembles y transfer learning elevaron este valor a 97% (Rodríguez Alvarez et al., 2019). Cabe destacar, sin embargo, que el foco fue ganado lechero, y en particular vacas Holstein-Freisian, por lo que las conclusiones respecto a la parametrización, anatomía, entrenamiento y evaluación de la red son solo válidas en el contexto de imágenes de dicha raza.~~

Planteo del problema

En relación a la primera hipótesis formulada previamente, y en lo que respecta a CC, la ampliación de la capacidad predictiva de los algoritmos de deep learning ya estudiados requiere en principio contar con imágenes de buena calidad de vacas de otras razas lecheras distintas a Holstei para entrenar y re-diseñar los mismos, y valores de CC asociados tomados por expertos. Esto representa el ground truth para entrenar y comprobar la efectividad de los modelos. Se considerará utilizar más de un experto para eliminar subjetividad en la calificación de la CC.

Una vez obtenidos los modelos de predicción de CC funcionales se pretende, en lo que respecta al dispositivo computacional que los aloja y se integra al aparejo, investigar y desarrollar la integración de dicho dispositivo al concepto de IoT (Objetivo 3) dentro del contexto de la ganadería de precisión. Esto es, desarrollar una capa flexible de comunicación donde los dispositivos (“cosas”, como por ejemplo una manga, un corral o un comedero) se puedan conectar a una red de forma transparente y puedan realizar captura automatizada de datos (CAD), y de comunicación de acciones de contingencia (CAC), de forma que puedan estructurarse como Sistemas Integrales de Gestión de la Información (SIGI) hard-soft de producción ganadera, de modo que faciliten el monitoreo, la planificación y la toma de decisiones.

Los pasos involucrados en la construcción y mejora del sistema incluyen recolectar imágenes de profundidad para construir un conjunto de datos de entrenamiento y prueba, donde cada imagen incluye una vaca y su correspondiente CC asociado (Objetivo 1). Este valor es asignado por al menos un par de evaluadores expertos/as en el lugar que puntúa de forma independiente cada una de las vacas a medida que caminan voluntariamente por debajo de una cámara con tecnología ToF (Time of Flight).

Respecto del software a desarrollar (Objetivo 3) este involucrará 3 grandes componentes: El server se encarga de almacenar los datos de usuarios, lo relacionado a la sesión de

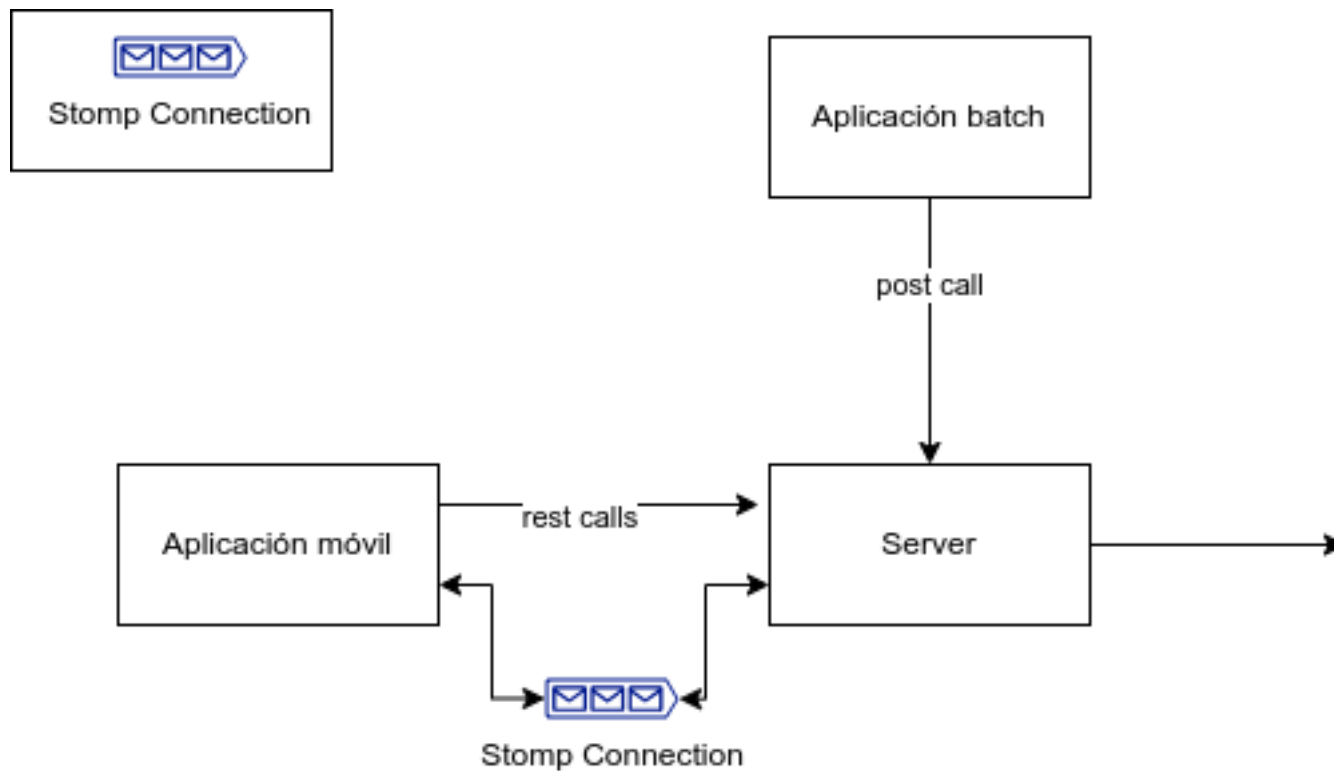


Figure 3.1: Componentes del sistema

calificación, la condición corporal de cada vaca definida por los expertos y los algoritmos de predicción lo que esta última se utilizará para realizar los reportes.

La aplicación móvil permite dos tipos de usuarios, calificadores que permite a los expertos realizar las calificaciones de cada vaca y ver reportes, como los observadores que solo tienen la función de ver reportes. Además, los dispositivos de observadores serán los encargados de ejecutar el algoritmo predictivo para informar a otros observadores sobre la predicción como al server para almacenar los datos que serán utilizados para los reportes.

La aplicación batch será la encargada de mediante una llamada rest informar al server las fotos que fueron sacadas a una vaca.

Chapter 4

Diseño

4.1 Login

En este prototipo no se tuvo en cuenta la seguridad a la hora de registrar e iniciar sesión de usuario. Sin embargo, se ha tenido en cuenta la creación e inicio de sesión de un usuario sin contraseña con el objetivo de diferenciar los calificadores y los observadores como así también asociar las calificaciones realizadas al experto correspondiente.

En la creación del usuario se decide el **nombre único** entre todos los usuarios como así el tipo (observador o calificador), es decir, el server posee una validación para verificar que el nombre del usuario sea único.

4.2 Sesión de calificación

Una sesión de calificación es una sesión en la cual un conjunto de vacas son **controladas** por un experto. De esta manera, un experto ó calificador va a poder **desde la aplicación** móvil comenzar, unirse o finalizar sesiones de calificación.

En una sesión de calificación pueden participar varios expertos para calificar a cada vaca y ser almacenada su calificación en una base de datos para en **futuros trabajos entrenar al modelo**.

Cada sesión de calificación va a estar asociada a una locación en particular configurada en los scripts de inicialización de la base de datos. En este **MVP** hay una sola sesión de calificación por defecto. Aunque desde la aplicación móvil este configurada la sesión por defecto esto puede ser fácilmente extensible dado que el server permite calificadores trabajando en simultaneo cada uno en distintas locaciones. Lo mismo ocurre con la funcionalidad de tener dos calificadores trabajando de manera simultanea en la misma lo-

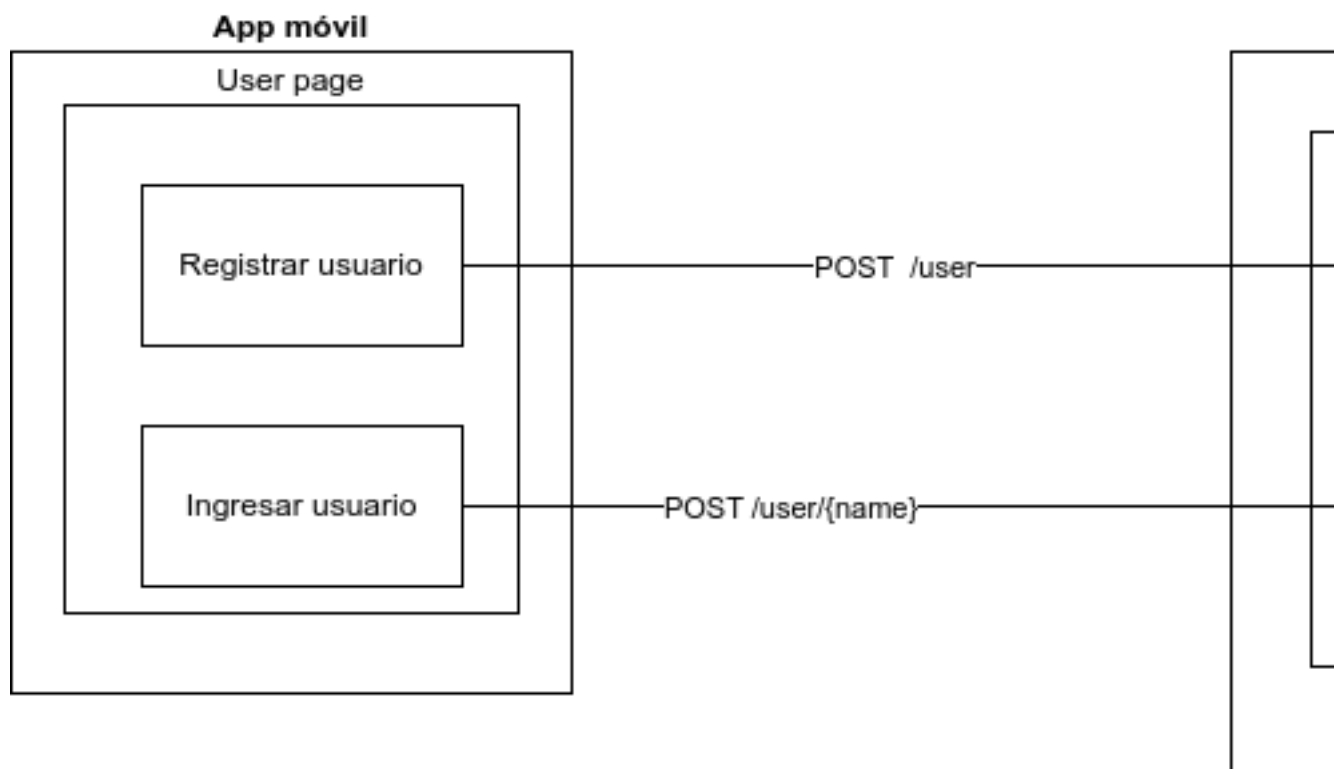


Figure 4.1: Diagrama de componentes - login

cación, es decir, la aplicación móvil no permite a un calificador unirse a una sesión existente pero puede ser fácilmente extensible dado que el server permite esta funcionalidad.

Las sesiones de calificación son almacenadas en la base de datos con un identificador generado automáticamente, una fecha de inicio y de fin. Las sesiones de calificación van a ser utilizadas en el componente de reportes.

Los componentes involucrados son:

- **Start Qualification Session:** Una sesión de calificación puede ser iniciada por un usuario calificador en una locación particular. No puede haber dos sesiones de calificación en la misma locación. El calificador que crea la sesión se unirá automáticamente a esta.
- **End Qualification Session:** Una sesión de calificación puede ser finalizada por un usuario calificador en una locación donde ya se haya iniciado una sesión de calificación.
- **Join Qualification Session:** Un calificador puede unirse a una sesión de calificación existe si ya a sido iniciada por otro calificador previamente y si este no esta asociado a ninguna sesión que no haya finalizado.

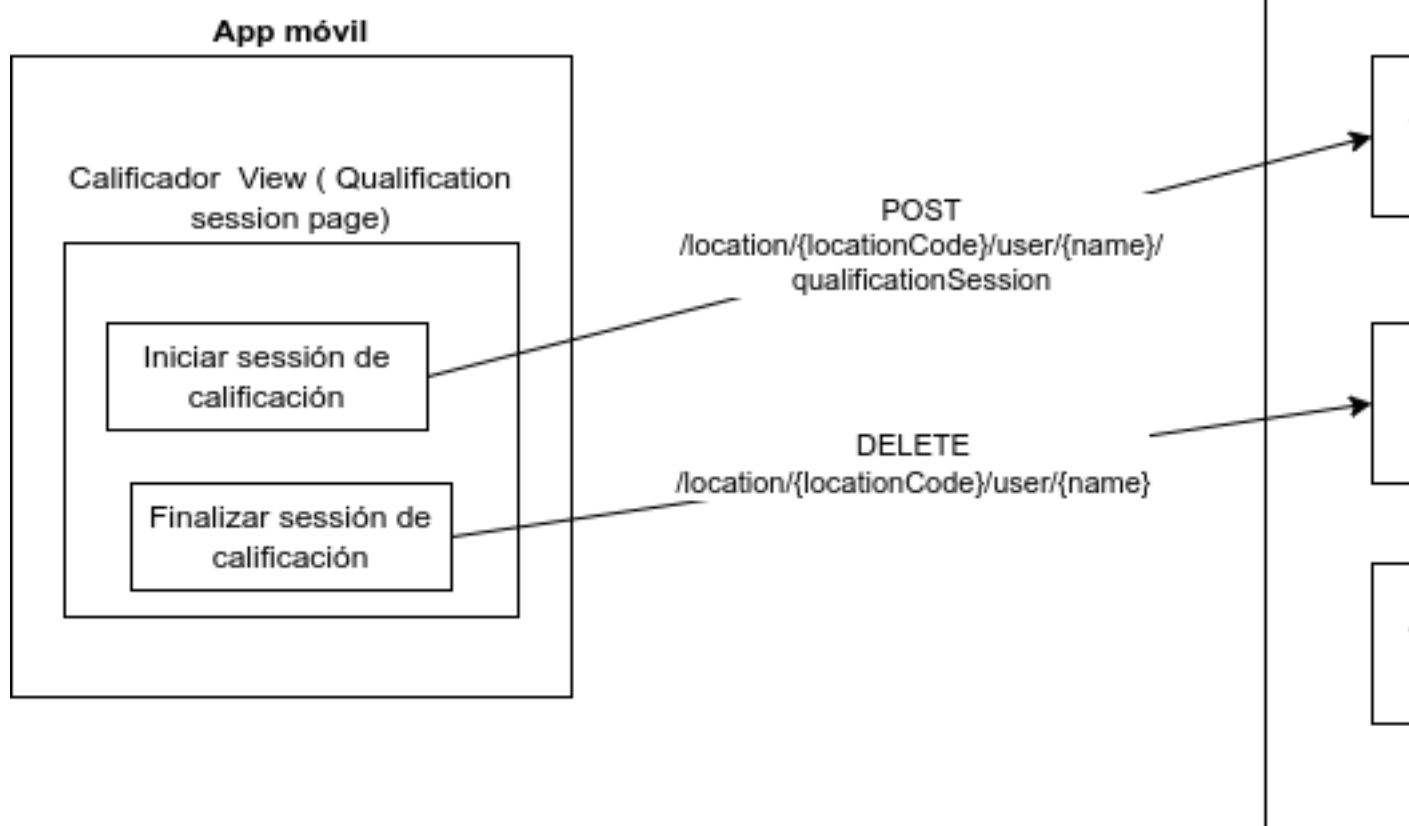


Figure 4.2: Diagrama de componentes - sesión de calificación

- Qualification session page: La página de sesión de calificación permite a un calificador iniciar o finalizar una sesión de calificación solamente en la locación por defecto y no permite a un calificador unirse a una sesión que ha iniciado.

4.3 Arribo de imágenes de vacas

La aplicación batch se encarga de enviar imágenes de cada vaca junto a su posición, la identificación de la vaca y el id del conjunto de imágenes. Estas al llegar al server se almacena la meta-data en la base de datos y las imágenes en el sistema de archivos. Además, se crea y envía job a una cola para su procesamiento.

El componente Image Listener es el encargado de leer cada job y enviar un job a la cola de calificadores para que los expertos puedan realizar la calificación de cada vaca y otro se envía a través de websocket para que los observadores puedan observar las imágenes y la aplicación móvil pueda predecir la CC en background.

Cada observador va a tener una conexión websocket para recibir todas las imágenes como cada calificador va a tener una cola para poder calificar todos los jobs.

La meta-data que arriben se almacenarán en la base de datos como los archivos en el sistema de archivos aunque no haya sesión de calificación iniciada. Una vez iniciada, estas se asociarán a la sesión de calificación. Esto es posible debido a que se permite una sesión de calificación por locación.

4.4 Calificador

Cada experto como calificador va a poder consultar cual es la siguiente imagen a calificar donde va a poder calificarla o ignorarla y continuar con la siguiente, es decir, todos los calificadores van a tener la posibilidad de calificar todas las vacas.

Cada job de calificación será almacenado en una cola que pertenece a cada calificador. Las ventaja de utilizar colas es que los mensajes van a estar en la cola jms sin importar la cantidad de servidores que haya o los re-inicios del mismo. Los calificadores van a poder calificar los jobs que arriben después de que este se haya unido a la sesión de calificación. Es decir, al momento de la captura de una imagen de una vaca esta se enviará a calificar solo si existen expertos para recibir esta información. Si no hay ningún calificador esta no se enviará a ningún calificador y por lo tanto no va a poder ser calificada por un experto.

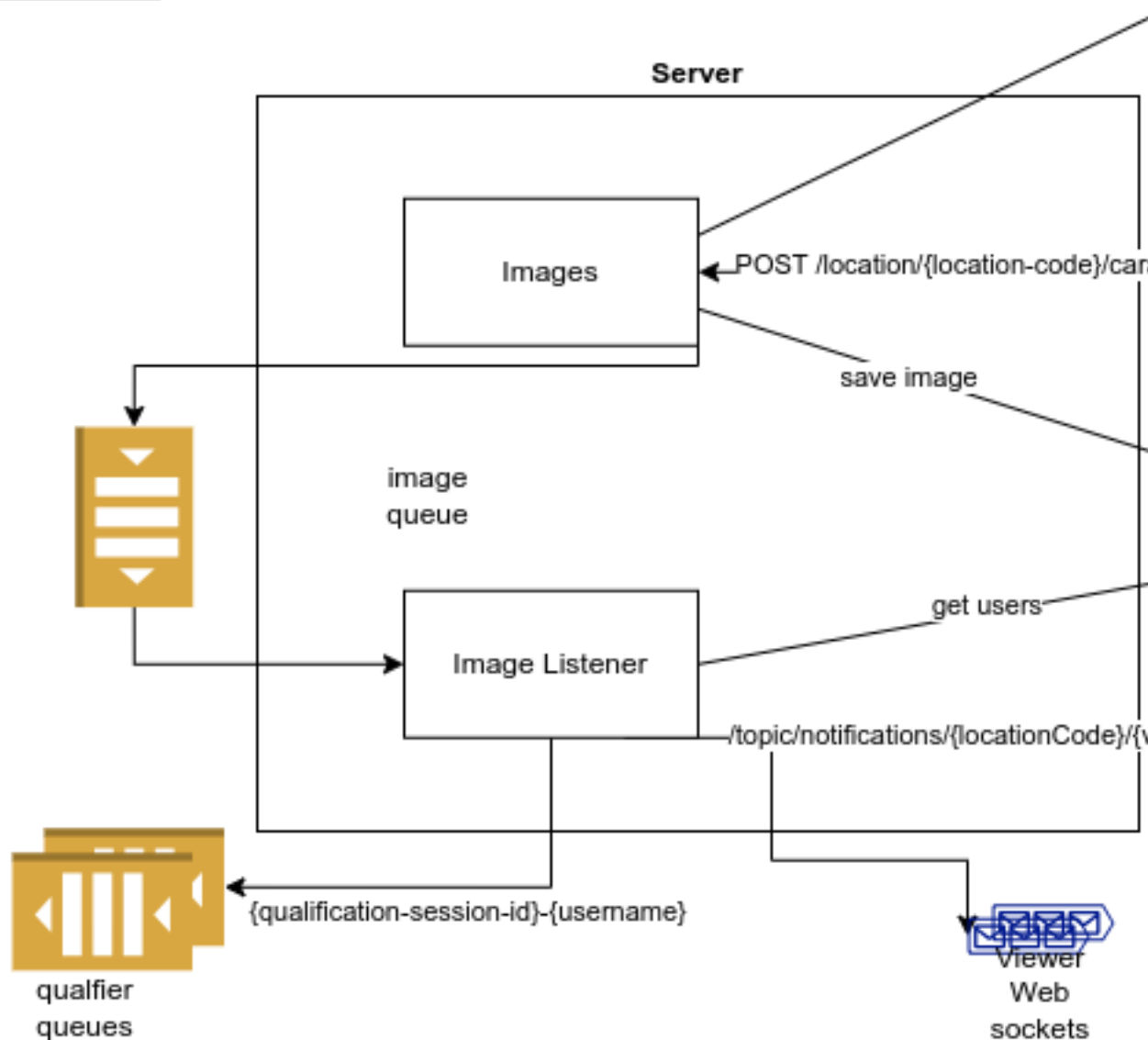
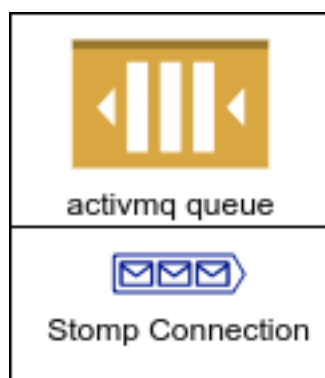


Figure 4.3: Diagrama de componentes - imágenes

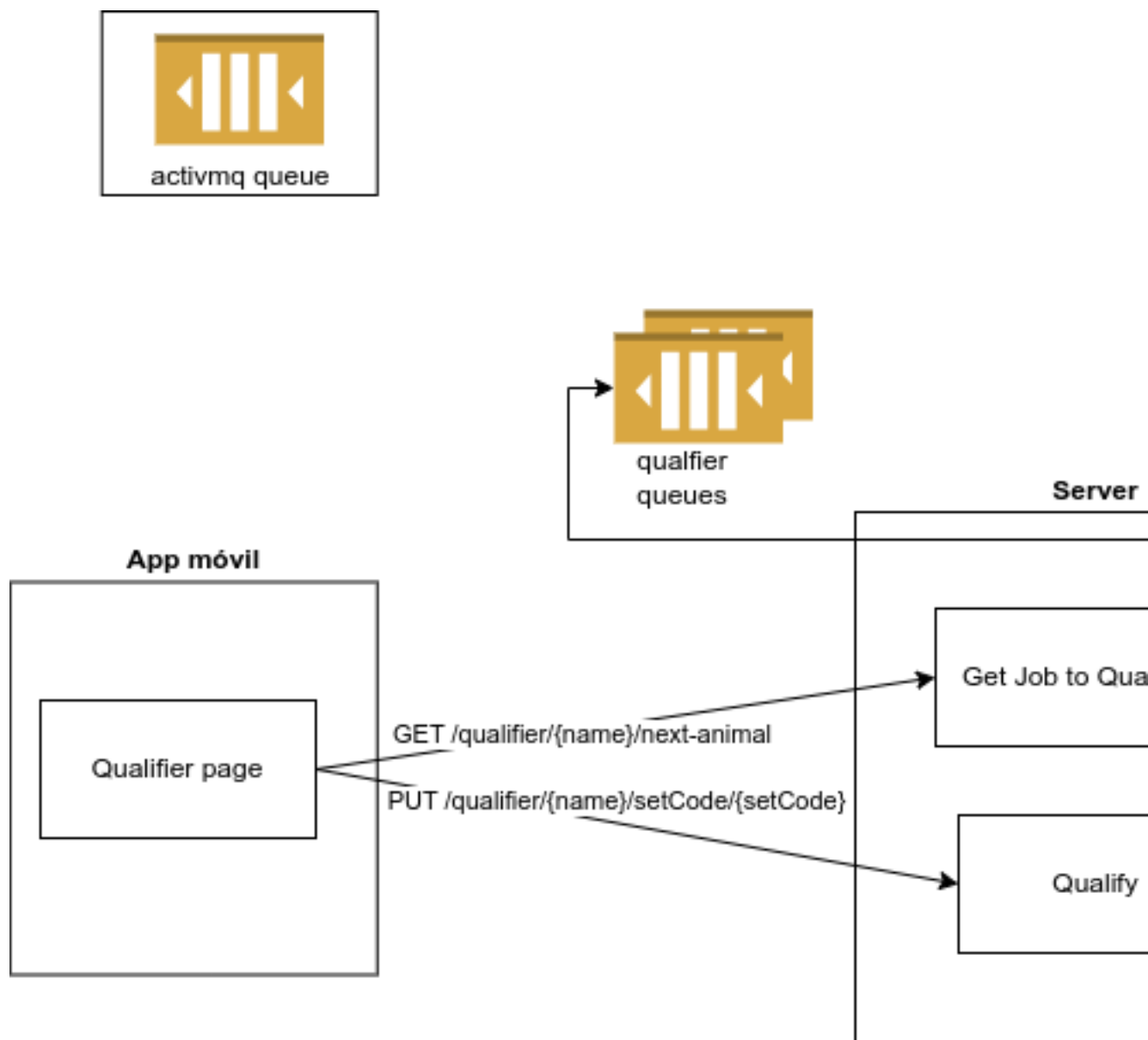
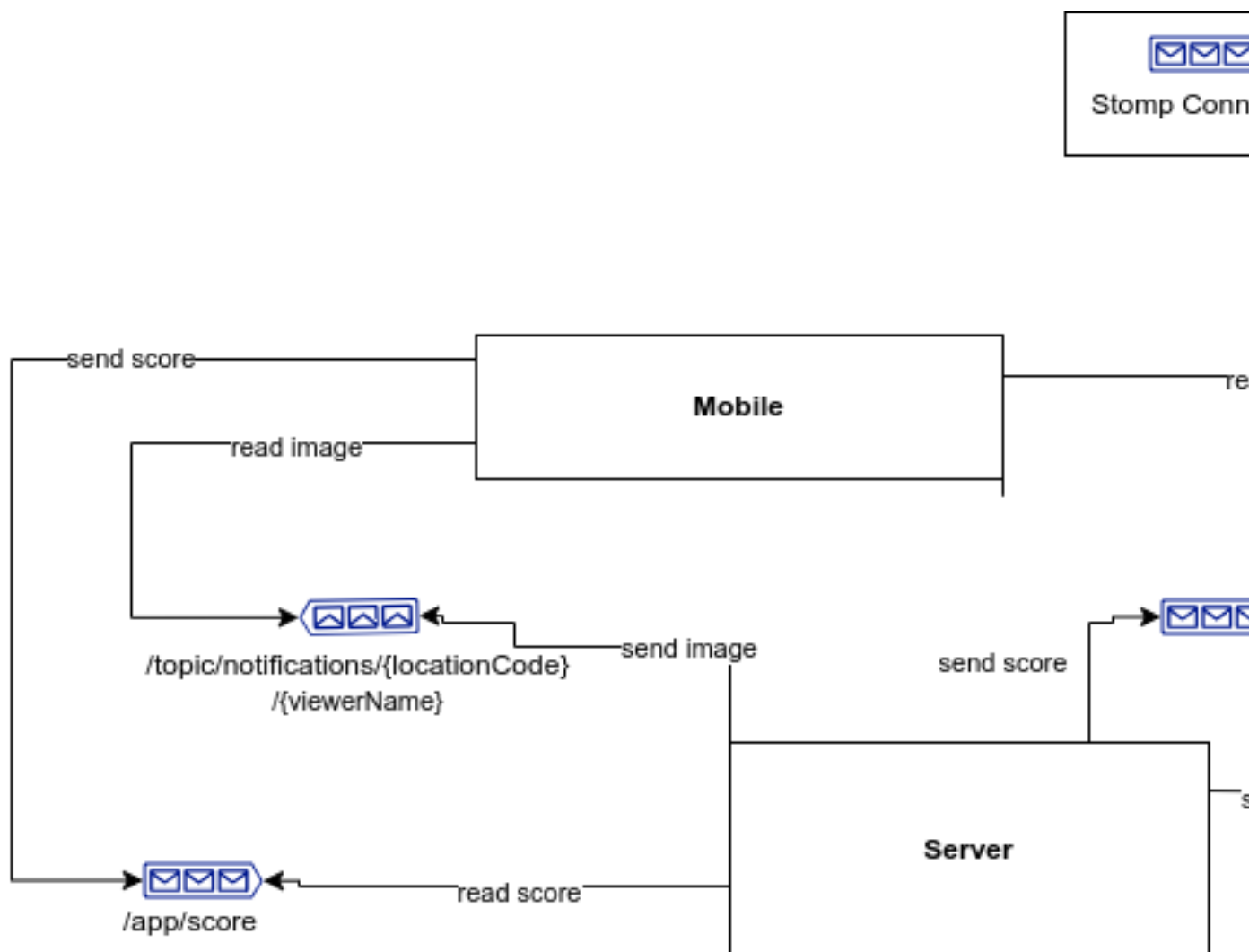


Figure 4.4: Diagrama de componentes: calificador

Figure 4.5: Diagrama de componentes - Observadores



4.5 Observador

Los usuarios observadores no podrán iniciar sesión de calificación ni asociarse a una sesión de calificación para calificar. Como se ha mencionado anteriormente, la aplicación móvil esta asociado a la locación por defecto, por lo tanto, los observadores leerán los job de las imágenes a través de websocket perteneciente a la locación por defecto y las mostrará por pantalla. A su vez, en cada móvil de un usuario observador se va a predecir la CC de cada vaca si el server informa en el job que el usuario es el que debe realiza la predicción. Si es así, se ejecuta el algoritmo de predicción y se informa al server a través de websocket para almacenar la predicción y ser utilizada para los reportes como así también el server informa a través de websocket al resto de los observadores cual es el CC calculada.

Si no hay sesión de calificación iniciada, igualmente es posible que los observadores puedan observar y que los móviles en background ejecuten el algoritmo de predicción de la CC. Si no hay observador al momento de que se capture una imagen de una vaca, esta no va tener CC predicción.

En la siguiente imagen se puede observar que *Image Listener* envía las imágenes a través del websocket `/topic/notifications/{locationCode}/{viewerName}` a la aplicación móvil. Esta última posee una suscripción a dicho topic y cuando un job llega se muestra en pantalla la imagen. Con respecto al score (CC) hay dos opciones:

1. Si el job posee como observador a predecir al observador actual, se envía la imagen a predecir y luego este componente envía el score a:
 - (a) la pantalla para que el observador lo pueda visualizar
 - (b) se envía a través de websocket (`/app/score`) para notificar al server el score calculado
 - i. el server almacena el score en la base de datos
 - ii. lo envía a través de websocket(`/topic/notifications/{locationCode}/{viewerName}`) para notificar al resto de los observadores
 - (c) se actualizan los diagramas de reporte con el score calculado.
2. Si el job no posee como observador a predecir al observador actual, se espera a que lo calcule otro observador esperando el score a través de websocket (`/topic/notifications/{locationCode}/{viewerName}`). Una vez que llega el score se muestra en pantalla y se actualice el diagrama de report.

4.6 Reportes

Tanto los observadores como los calificadores tienen la posibilidad de ver diagramas de torta de los porcentajes de vacas de la CC calculada por el algoritmo de predicción en una sesión de calificación dentro de los siguientes rangos:

- 0 a 0.99
- 1 a 1.99
- 2 a 2.99
- 3 a 3.99
- 4 a 5

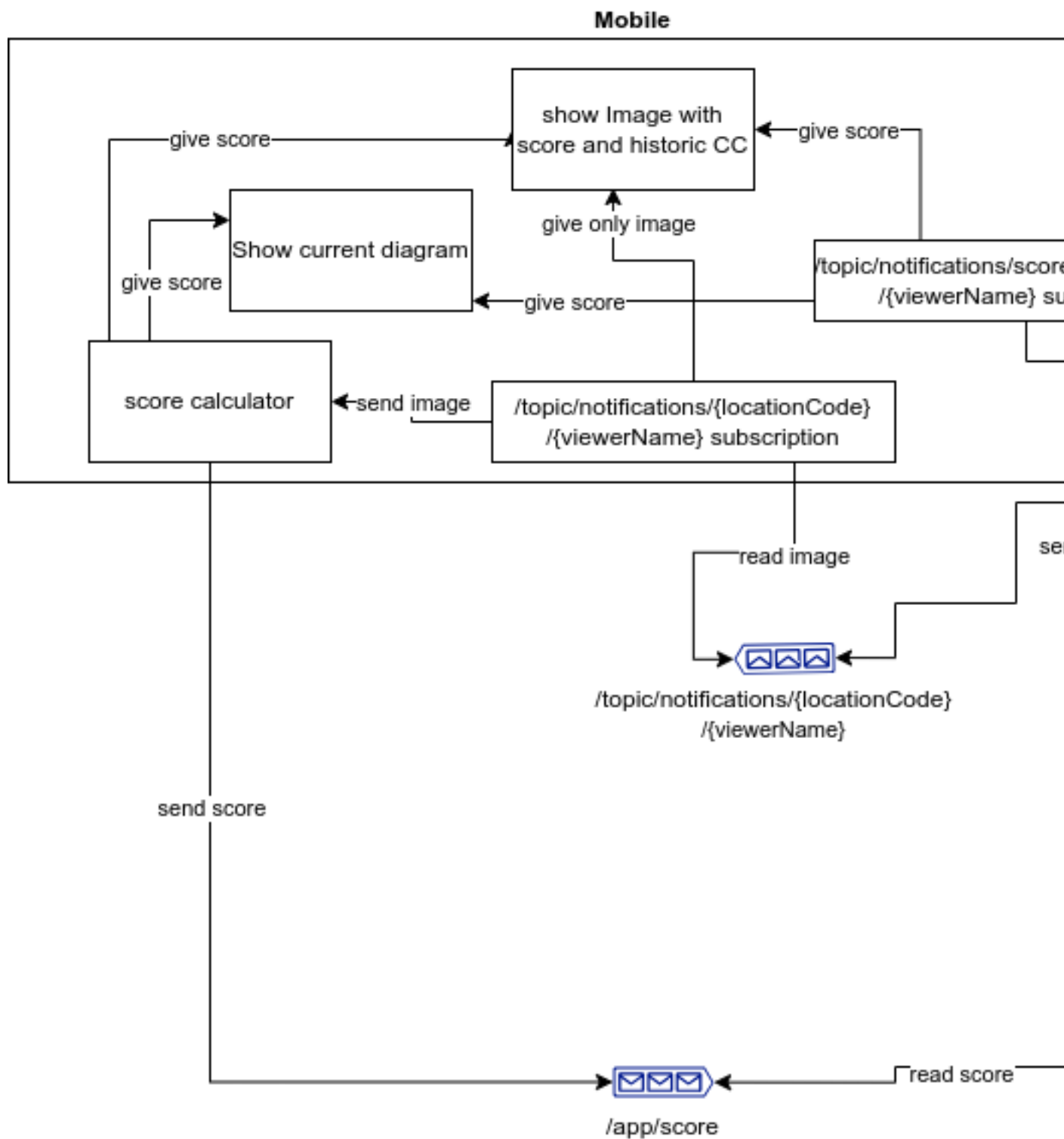


Figure 4.6: Diagrama de componentes - Observadores en detalle

- sin predicción

La aplicación móvil da la posibilidad de ver los diagramas de la locación por defecto:

- en la sesión de calificación actual (sesión de calificación que ha comenzado pero que no ha terminado)
- en la última sesión de calificación terminada
- en sesiones de calificación antiguas

Tanto los observadores como calificadores tiene un tab donde se pueden ver los diagramas, por lo que cada vez que se realiza un cambio de tab se actualiza el diagrama si este corresponde a una sesión de calificación actual para obtener los últimos valores realizados por el algoritmo de predicción.

4.6.1 Observador

En el caso de los observadores, dado que es posible que los observadores estén mirando la pantalla de diagramas y dado que siempre recibe la CC calculada (o por él mismo o por otro observador) se actualiza el diagrama automáticamente.

Los observadores a la hora de recibir una imagen de una vaca también visualizan el historial de CC de predicción realizado en sesiones de calificación anteriores.

4.6.2 Calificador

En el caso de los calificadores como estos van a estar calificando vacas, el diagrama solo se actualiza al momento de elegir el tab de diagramas. Sin embargo, existe la posibilidad de mediante una conexión websocket recibir los valores de CC realizados por el algoritmo de predicción en tiempo real.

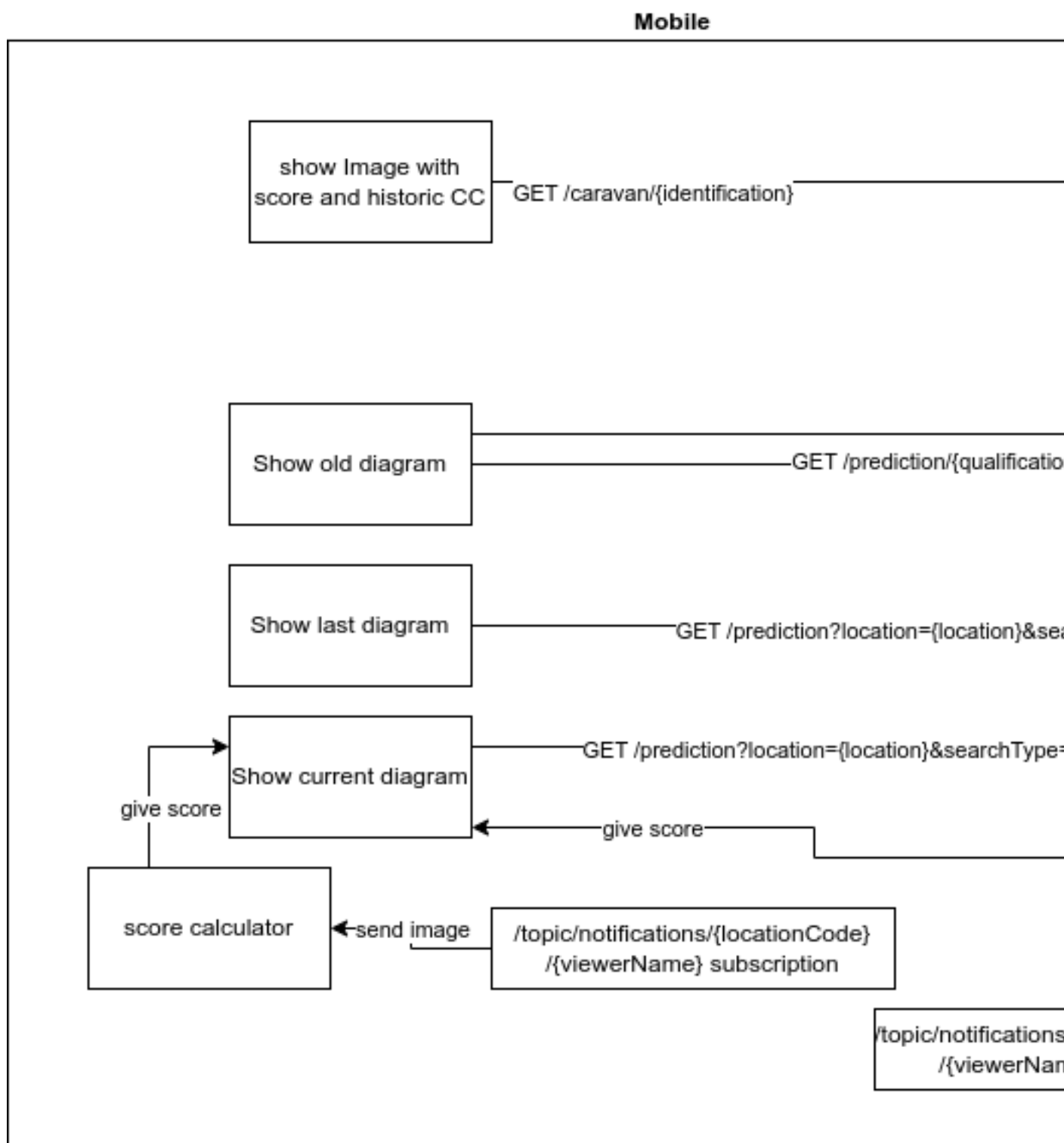


Figure 4.7: Diagrama de componentes - reporte de observadores

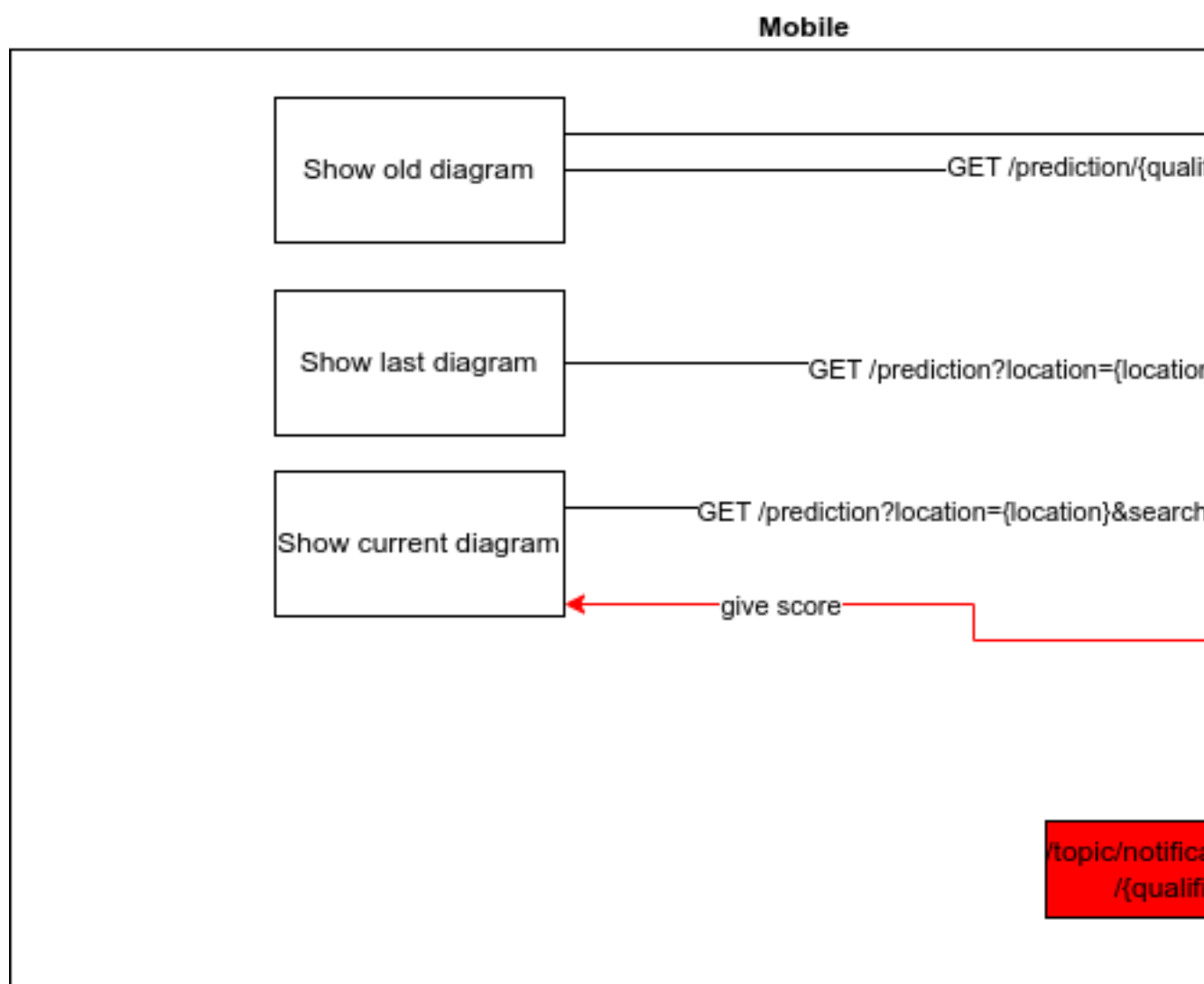


Figure 4.8: Diagrama de componentes - reporte de calificadores

Chapter 5

Conclusiones, Limitaciones y Trabajos Futuros

5.1 Login

En futuras implementaciones puede agregarse una capa de seguridad para el login debido a que actualmente solo se creo este componente para poder definir el tipo de usuario y asociar una calificación de una vaca a un determinado experto.

Ademas, en futuras implementaciones puede ser posible limitar que personas pueden registrarse como calificador debido a que una sola aplicación móvil soporta un usuario calificador y observador, cualquier persona puede registrarse como calificador sin ser un experto.

5.2 Calificador

En futuras versiones del server va a ser posible que los calificadores compartan la misma cola jms para repartirse la calificación y darse de baja de una sesión de calificación y conectarse a otra. Otra posibilidad para futuras versiones es que la sesión pueda configurarse para que los usuarios calificadores se repartan las caravanas a calificar. Para lograr esto va a ser necesario que la sesión de calificación tenga un tipo de calificación identificando ueden repartirse entre calificadores o que todos los calificadores puedan calificar todas las vacas.

5.3 Arribo de imágenes de vacas

El server tiene la posibilidad de recibir y almacenar un conjunto de imágenes por cada vaca pero solo la primera será la que el observador y el calificador reciban. Queda para futuros proyectos la posibilidad de enviar todas las imágenes a los calificadores y/o observadores.

5.4 Aplicación batch

Esta aplicación se definió para este proyecto pero queda fuera de alcance de este trabajo. La aplicación batch deberá tener una locación preconfigurada que será utilizada para notificar al server de donde proviene el job. Leerá las imágenes tomadas a la vaca, armará el job y lo enviará al server. Este procedimiento por cada vaca. La cantidad de imágenes a tomar serán configuración de la aplicación batch. La primera imagen de cada job (elemento 0 de la lista) se va a suponer que va a poseer el número de caravana, por lo tanto, está imagen(la primera de la lista) es la única que se enviará al calificador a la hora de calificar y al observador.

5.5 Calificador

Los calificadores no pueden calificar job anteriores a la unión/creación de la sesión de calificación, es decir, que los jobs que existan antes del inicio de sesión no serán calificados por nadie. Aquellos que arriben antes de que un calificador se una a una sesión de calificación tampoco van a ser calificados.

Para lograr que los jobs generados antes del inicio de sesión de calificación o antes de que el usuario se uniera a una sesión existente se envíen a la cola de calificación de cada usuario va a ser necesario que cuando se inicia sesión de calificación se carguen todos los jobs desde la base de datos en la locación específica de la sesión a la cola jms del usuario. Esto puede provocar que:

- si se crea la cola del usuario calificador y luego se asigna a la sesión, mientras se envíen los jobs desde la base a la cola, puedan llegar nuevos job y se ubiquen antes de los jobs de la base.
- si se crea la cola del usuario calificador, se agregan los jobs de la base a la cola y luego se asigna a la sesión de calificación, pueden llegar job nuevos que no fueron leídos de la base y que tampoco se haya enviado a la cola porque no se había asignado a la sesión.

5.6 Observadores

La predicción de la CC es realizada por los observadores, es decir, es realizada en la aplicación móvil. Si no hay observadores no es posible realizar la predicción. Para poder realizarla sin la necesidad de observadores se ejecutar el algoritmo de predicción en los calificadores y también es posible implementar el algoritmo de predicción en el server para que realice la predicción de aquellos jobs que no fueron entregados para predecir o que hayan fallado para lograr que no haya jobs sin predecir.

5.7 Objetivos futuros

~~En cuanto al objetivo 4.2, se ampliará el estudio de mercado inicial que acompaña a este proyecto, además diagramando el núcleo del modelo de negocios a desarrollar sobre la base de licenciamiento de registros.~~

~~Los modelos de CC validados serán desplegados en los dispositivos electrónicos, con su respectiva caja y estructura de caño para poder ser montado en cualquier establecimiento agropecuario (Objetivo 4). Este dispositivo integral será evaluado en al menos dos establecimientos de la zona, donde se evaluará no sólo el comportamiento predictivo del modelo, sino también su facilidad de uso e integración a las actividades diarias del/la profesional o el/la productor/a. En ese sentido (Objetivo 5.2), se realizará una reunión de profesionales y productores en alguno de los sitios de pruebas, y bajo el formato de taller y con encuestas individuales se registrarán sus opiniones sobre las posibles barreras de adopción de estas tecnologías, así como sugerencias de mejoras. Adicionalmente, se trabajará con la especialista colaboradora, en la identificación de las mejores estrategias para el plan de negocios (clientes profesionales/productores, socios claves, precio de mercado etc).~~

Bibliography