

Alto Valle Dataset: colección de datos experimentales enfocados en el estudio y desarrollo de algoritmos de navegación mediante visión en ambientes frutícolas

Sansoni Sebastian¹, Raverta Capua Francisco² , Moreyra Marcelo L.³, Benitez Piccini Edgardo⁴

¹Instituto de Automática - UNSJ - CONICET - San Juan - Argentina

²Laboratorio de Robótica y Sistemas Embibidos - UBA - Buenos Aires - Argentina

³Departamento de Electrotecnia - Facultad de ingeniería - Universidad Nacional del Comahue - Neuquén - Argentina

⁴Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Río Negro - Argentina

Emails: ssansoni@inaut.unsj.edu.ar, francisco.raverta@gmail.com, marcelo.moreyra@fain.uncoma.edu.ar, benitez.edgardo@inta.gob.ar

Resumen—En este trabajo se presentan los datos experimentales adquiridos en cultivos frutícolas en la Estación Experimental Agropecuaria del Alto Valle del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) con el propósito de favorecer el estudio y desarrollo de sistemas de navegación basados en visión. Se cuenta con la información de una cámara estéreo y un LiDAR enfocados en la dirección de movimiento respaldado con el posicionamiento de un GNSS con corrección RTK. Esta base de datos cuenta con tres recorridos que contienen 6 trayectorias con lazos cerrados, dos en verano y cuatro en invierno del año 2018, totalizando 22 tramos. Cada árbol se puede observar como mínimo 2 veces en distintos tramos y como máximo 8 veces desde 4 puntos de vista distintos. La toma de datos fue realizada en distintos horarios con condiciones de iluminación variable tales como: cielo despejado, parcialmente nublado, totalmente cubierto, sol frontal y de espaldas. Por otro lado las condiciones del cultivo cuentan con una alta variabilidad y distintas coberturas de suelo con presencia de maleza. La diferenciación por tramos es útil para realizar tareas de reconstrucción, generar bases de datos para entrenamiento de machine learning, implementar algoritmos de navegación entre líneas y más.

El software desarrollado y las instrucciones para acceder al dataset están disponibles en <https://sebasan.github.io/AltoValleDataset>

Keywords—Dataset, agricultural robotics, precision agriculture, computer vision

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una gran cantidad de bases de datos experimentales con distintos objetivos dentro del marco de la robótica. Sin embargo, es notable la poca disponibilidad de datos públicos enfocados a la navegación, posicionamiento y control en ambientes agrícolas y menos aún en ambientes frutícolas. En estos entornos, las bases de datos son difíciles de obtener, ya que se necesita una plantación, una plataforma, varios sensores y el tiempo correcto para realizar las mediciones [1]. A diferencia de los entornos urbanos o periurbanos, los ambientes agrícolas presentan desafíos significativos. Uno de los más relevantes es la necesidad de garantizar robustez de los sistemas frente a los cambios del ambiente. Aunque exista



Figura 1: Muestra de imágenes capturadas. En ellas se puede observar la variabilidad del cultivo, condiciones de iluminación y estructura foliar de la plantación.

un cambio permanente, hay ciertas estructuras repetitivas en el ambiente ya que se busca optimizar la luz recibida [2], facilitar la poda, la cosecha, la fumigación y la fertilización, entre otros aspectos. Estas estructuras repetitivas son otra fuente de desafíos para determinados sistemas que buscan automatizar tareas. Por ejemplo a la hora de buscar correspondencias,

entre sensores o en un mismo sensor en distintos instantes de tiempo, se vuelve una tarea desafiante ya que hay muy poca diferencia entre plantas o entre hileras de plantas. Por último, pero no por eso menos importante, este ambiente cuenta con condiciones de iluminación altamente variable, terrenos irregulares [3], plantaciones en laderas de montañas en algunas partes del mundo [4], presencia de malezas que ocultan parcialmente la estructura, viento, entre otros aspectos que impactan directamente en las tareas agrícolas que buscan ser automatizadas.

El principal objetivo de esta base de datos es colaborar con el desarrollo de técnicas de localización, mapeo, reconstrucción y control en ambientes frutícolas. Este tipo de ambiente, muy poco estudiado en la literatura relacionada, es un entorno altamente desafiante, con una considerable variabilidad temporal y espacial. La base de datos aquí presentada consiste en aproximadamente 200GB de datos de una cámara estéreo orientada hacia el sentido de movimiento, un sistema de posicionamiento absoluto GNSS (del inglés *Global Navigation Satellite System*, GNSS) con correcciones RTK (del inglés *Real-Time Kinematic*, RTK) y datos de rango de un LiDAR. Toda esta información está separada en tres secuencias distribuidas entre las estaciones de verano e invierno. En la Figura 1 se muestran algunas imágenes del entorno.

Además de los datos adquiridos, se proveen los parámetros de calibración intrínsecos y extrínsecos para todos los sensores, como también los scripts de Python para acceder y manipular los datos.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

A nivel nacional la base de datos más relevante en el área se realizó en Rosario, Santa Fe [5]. En este trabajo se muestran 6 secuencias sobre un campo de soja recorridos con un robot desarrollado por el CIFASIS. Estas secuencias cuentan con datos de GNSS-RTK, lectura de encoders, IMU y una cámara estéreo orientada hacia la dirección de movimiento del robot. El principal objetivo de esta base de datos consiste en implementar algoritmos de estimación de posicionamiento.

A nivel internacional un trabajo relacionado se puede encontrar en [6]. Esta es una base de datos en ambiente frutícola que formalmente no está publicada, sin embargo está disponible para la comunidad en (<http://vcriis01.inesctec.pt/>). Este trabajo fue realizado con la plataforma robótica teleoperada conocida como AgRob V16, equipada con GNSS, IMU, una cámara térmica, dos cámaras estéreo orientadas en la dirección de movimiento y hacia el cultivo, lecturas de encoders y LiDAR 3D. El principal problema que hay con esta base de datos es que al no estar documentada, se desconocen los parámetros de calibración intrínsecos y extrínsecos de todos los sensores.

Otro importante dataset con objetivos similares al trabajo que aquí se presenta es [1]. Esta base de datos fue capturada mediante el conocido robot BoniRob [7], equipado con una cámara RGB-D *Kinect One*, una cámara multiespectral *JAI AD-130GE* (RGB+NIR), dos LiDARs 3D: *Velodyne VLP16 Puck* y *Nippon Signal FX8*, un GNSS *Leica RTK GPS* y



Figura 2: Disposición del instrumental utilizado para la recolección de los datos.

por último otro sensor GNSS de bajo costo *Ublox EVK7-P*. Esta base de datos consiste en la adquisición de datos sensoriales durante la primavera del 2016 sobre una plantación de remolacha azucarera. El objetivo de esta base de datos es colaborar en el desarrollo y en el testeo de diferentes aplicaciones relacionadas con clasificación de malezas y cultivo, localización, mapeo y navegación en plantaciones con diferentes estadios de crecimiento.

III. SETUP EXPERIMENTAL, SENSORES Y CALIBRACIÓN

El vehículo utilizado fue una plataforma de cosecha conocida como N. Blosi modelo Senior con un ancho variable de 1,9m a 4m. En la Figura 2 se muestra la plataforma y la configuración espacial de los sensores. Para el sistema de adquisición se usó una cámara estéreo ZED de Stereolabs¹ para exteriores, conectada mediante USB 3.0 a una Nvidia Jetson Tx1 con Jetpack 3.1. Los parámetros de la cámara se muestran en el Cuadro I los mismos son ofrecidos por el fabricante².

| Parámetro | Cámara | |
|-----------------|------------|-----------|
| | Izquierda | Derecha |
| f_x | 692,964 | 698,848 |
| f_y | 692,964 | 698,848 |
| c_x | 576,186 | 737,995 |
| c_y | 367,798 | 361,795 |
| k_1 | -0,182798 | -0,1634 |
| k_2 | 0,0277213 | 0,0214219 |
| línea base [mm] | 120,647 | |
| CV | -0,265461 | |
| RX | -0,0586351 | |
| RZ | 0,042639 | |

Cuadro I: Parámetros intrínsecos de la cámara estéreo.

¹<https://www.stereolabs.com/zed/>

²<https://support.stereolabs.com/hc/en-us>

| Sensor | x[m] | y[m] | z[m] | q_x | q_y | q_z | q_w |
|------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| ZED | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SICK LMS 100 | 0 | -0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| U-BLOX C94-M8P-2 | -1,67 | 0 | 2,5 | — | — | — | — |

Cuadro II: Relaciones de transformación entre sensores correspondiente a los datos capturados en abril.

| Sensor | x[m] | y[m] | z[m] | q_x | q_y | q_z | q_w |
|--------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| ZED | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SICK LMS 100 | 0 | 0 | -0,1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Cuadro III: Relaciones de transformación entre sensores correspondiente a los datos capturados en agosto.

Las imágenes rectificadas fueron tomadas a una tasa de 15 FPS con una resolución de 720×1280 pixeles y almacenadas en un disco SSD en formato AVI sin pérdida de información mediante una aplicación escrita en C++ utilizando librerías de OpenCV 3.3 en conjunto con el SDK propio de la cámara. Esta aplicación permitió almacenar los datos en tiempo real en conjunto con los *timestamp* correspondientes a cada frame. Luego de forma offline se extrajeron las imágenes del video y se almacenaron en formato PNG sin pérdida de información con el nombre mostrado en la Figura 6. El dispositivo fue montado a 1m del suelo sobre las palas de la cosechadora. Se debe tener en cuenta que debido a los desniveles del suelo, la altura de la cámara con respecto al suelo puede variar. El eje de la cámara izquierda se utilizará como referencia para los otros sensores.

El sistema de posicionamiento absoluto GNSS-RTK utilizado fue el modelo U-BLOX C94-M8P-2. Este módulo consiste en dos placas con antenas GNSS y un enlace de radio a 915Mhz para enviar las correcciones RTK de la base al rover. Los datos fueron enviados por UART a 9600 baud y almacenados en una Heavy Industrial Panel PC UPC-V312-D525. La estación base del sistema RTK fue posicionada en un punto geolocalizado mediante un agrimensor a 1m del suelo sobre un plano de tierra metálico de 10cm de diámetro. En este lugar no hay construcciones ni árboles cercanos. La antena del rover fue colocada en el centro longitudinal de la plataforma, alineado con los otros sensores a una altura de 2,5m con respecto a la cámara y 1,67m por detrás. Los datos adquiridos cuentan con la información de latitud, longitud, fecha y hora a una tasa de muestreo de 1Hz. Con esta configuración el fabricante garantiza una precisión cercana a los 2,5cm.

El LiDAR montado es un SICK LMS-100 configurado para operar a una frecuencia de 50Hz y una amplitud angular de 270° . Sin embargo los datos se almacenaron a 1Hz con un timestamp obtenido mediante el hardware del dispositivo.

Por otro lado, las posiciones relativas entre los sensores se muestran en los Cuadros II y III, correspondientes a los datos capturados en abril y agosto respectivamente. El sistema de referencia esta ubicado sobre la cámara izquierda de la cámara estéreo, siendo que el eje x apunta en dirección al movimiento, el eje y en sentido perpendicular y paralelo al suelo y el eje z es perpendicular al suelo. Por otro lado

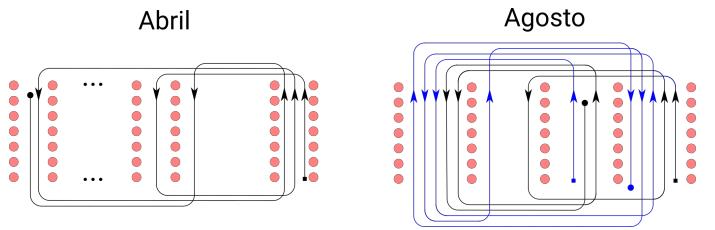


Figura 3: Detalle de los recorridos realizados. Cada círculo rosado representa el tronco de un árbol y las líneas representan las trayectorias efectuadas. La cantidad de árboles por fila es representativa, solo para fines ilustrativos.

q_x , q_y , q_z y q_w son las componentes del cuaternión que indica las rotaciones relativas. Es necesario mencionar que estas transformaciones son estimativas, por lo que para una mayor precisión en los parámetros es necesario implementar un algoritmo de calibración.

IV. CAMPAÑA DE ADQUISICIÓN

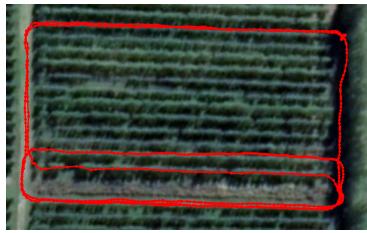
El objetivo de esta base de datos consiste en captar la variabilidad que tiene un cultivo de peras correspondiente a la especies Williams, Abate Fetel y Beurré D'Anjou a lo largo de la temporada. Para esto se tomaron dos muestras en distintas estaciones del año, con condiciones climáticas diferentes. El predio donde se realizó la adquisición de datos pertenece a la Estación Experimental Agropecuaria del Alto Valle del INTA. La plantación se encuentra ubicada en $39^\circ 01' 42,40''$ latitud sur, $67^\circ 44' 33,00''$ longitud oeste. El esquema de plantación posee un ancho de calle de 4m y una separación entre troncos de 2m.

Los primeros datos fueron adquiridos el 09/04/18 con un tiempo soleado y en horario de tarde. La plantación de perales se encontraba en el estadio de precosecha, por lo que la estructura foliar era frondosa con algunas ramas caídas por la carga frutal. Además en algunas partes del suelo se observa una gran presencia de maleza; esto se debe a que la metodología de riego es mediante inundación (también conocida por manto), beneficiando el crecimiento en extensión y en altura de plantas no deseadas.

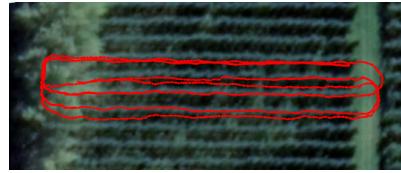
La siguiente captura de datos fue el 06/08/18 con un tiempo parcialmente nublado. Al ser árboles no perennes o caducifolios, la estructura foliar tanto del marco de plantación como los álamos de las cabeceras es inexistente. El suelo se encontraba parcialmente descubierto con presencia de malezas pequeñas ya que se desmalezaron previamente las filas al pie de las plantas.

En la Figura 1, las 4 imágenes superiores se corresponden con fotografías tomadas durante abril, mientras que las 4 inferiores corresponden con los recorridos realizados durante agosto.

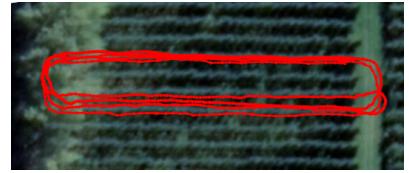
Para adquirir los datos se manejó la plataforma a una velocidad promedio de $0,3m/s$ con tres tripulantes a bordo a través de las hileras del cuadro. Se realizaron bucles cerrados sobre sí mismos con solapamiento entre el inicio y la finalización.



(a) Recorrido realizado en abril.



(b) Primer recorrido realizado en agosto.



(c) Segundo recorrido realizado en agosto.

Figura 4: Datos de GNSS alineados con información satelital.



Figura 5: Superposición de todos los recorridos efectuados.

En total se recorrió más de 1km, sin embargo algunos datos fueron filtrados para generar una base de datos consistente.

Se identifican dos tipos de cabeceras en el ambiente, las del interior y del exterior del cuadro. Las del interior son las que están conectadas con el resto de las hileras y las cabeceras del exterior son aquellas que poseen un límite constituido por una línea de álamos. Esta línea de álamos protege a la plantación de los fuertes vientos de la zona. En algunas cabeceras, por el largo de la máquina, fue necesario maniobrar dirigiéndose hacia adelante y hacia atrás para poder salir de la hilera de frutales. En la Figura 3 se muestran todos los recorridos realizados a los cuales se tiene acceso, donde se notan además en algunas cabeceras las maniobras descriptas.

Por otro lado en las Figuras 4a, 4b y 4c se muestra en detalle los datos del GNSS obtenidos para cada caso y en la Figura 5 se muestra una imagen satelital del total de los recorridos.

V. DATASET

En la Figura 6 se muestra la estructura de archivos por secuencia capturada. En cada una se ofrecen los datos de LiDAR y GNSS en formato .csv y .mat para facilitar el rápido despliegue. Por otro lado están las imágenes de la cámara estereó identificadas con su timestamp y nombre.

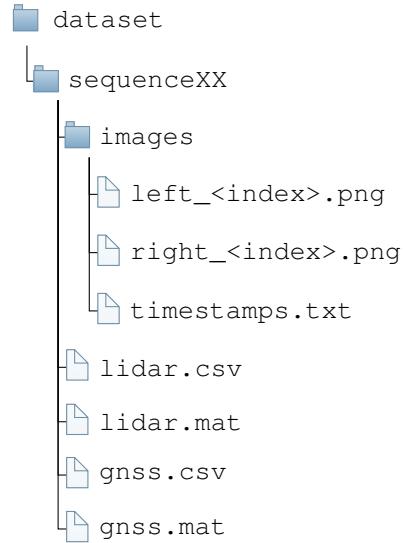


Figura 6: Estructura de la base de datos detallada por secuencia.

Imágenes: Todas las imágenes se encuentran rectificadas y almacenadas en formato PNG sin pérdida de información. Los archivos están nombrados según la siguiente convención:

<camera>_<index>.png

donde <camera> hace referencia al sensor o método con la que se obtuvo el archivo y <index> es el índice para relacionar el archivo con los timestamps.

GNSS: Las lecturas del sensor de posicionamiento están descriptas por:

[latitude | longitude | timestamp]

LiDAR: Cada lectura del sensor corresponde a 543 componentes, las cuales se describen a continuación:

[timestamp | nscan | 541 x range]

dónde timestamp es el tiempo en microsegundos correspondiente a esa trama desde que el sensor se encendió, nscan hace referencia al número de trama generada por el sensor desde el encendido y 541 x range son los datos de rango obtenidos cada 0,5°.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se describe en detalle el proceso de adquisición y calibración de datos experimentales para estudio y desarrollo de algoritmos de navegación, localización y reconstrucción de un ambiente frutícola. Los datos fueron capturados en plantaciones de la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del INTA quedando esta información formateada, ordenada y públicamente disponible para el resto de la comunidad interesada en aportar en el área. Gracias a estos datos adquiridos y formateados se realizaron las siguientes publicaciones [8], [9] y están en proceso otros trabajos pronto a ser publicados.

El software desarrollado y las instrucciones para acceder al dataset están disponibles en <https://sebasan.github.io/AltoValleDataset>

VII. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se desarrolló en el marco de un Proyecto de Desarrollo Tecnológico Social (PDTs) "Sistemas de Asistencia al Productor y Automatización de Máquinas para la Fruticultura de la Norpatagonia" (PDTs404) financiado por el CIN y CONICET motivado por una necesidad de la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del INTA. Esta institución colaboró ofreciendo la plantación, la plataforma de cosecha y dispositivos de medición como son: LiDAR, GNSS-RTK y panel PC en reiteradas ocasiones. Por otro lado se agradece al Dr. Javier Gimenez quien incentivó a que este trabajo se concretara.

REFERENCIAS

- [1] N. Chebrolu, P. Lottes, A. Schaefer, W. Winterhalter, W. Burgard, and C. Stachniss, "Agricultural robot dataset for plant classification, localization and mapping on sugar beet fields," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 36, no. 10, pp. 1045–1052, 2017.
- [2] D. J. Connor, M. Gómez-del Campo, and E. R. Trentacoste, "Relationships between olive yield components and simulated irradiance within hedgerows of various row orientations and spacings," *Scientia horticulturae*, vol. 198, pp. 12–20, 2016.
- [3] A. Orellana, D. Fernández-Llorca, C. Soria, and A. G. Lorente, "Stereo-based path and obstacles detection in multiannual cultivations for autonomous navigation of an agricultural robot."
- [4] L. Santos, F. Santos, J. Mendes, P. Costa, J. Lima, R. Reis, and P. Shinde, "Path planning aware of robot's center of mass for steep slope vineyards," *Robotica*, vol. 38, no. 4, pp. 684–698, 2020.
- [5] T. Pire, M. Mujica, J. Civera, and E. Kofman, "The rosario dataset: Multisensor data for localization and mapping in agricultural environments," *The International Journal of Robotics Research*, vol. 38, no. 6, pp. 633–641, 2019.
- [6] A. S. Aguiar, F. N. Dos Santos, A. J. M. De Sousa, P. M. Oliveira, and L. C. Santos, "Visual trunk detection using transfer learning and a deep learning-based coprocessor," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 77 308–77 320, 2020.
- [7] A. Ruckelshausen, P. Biber, M. Dorna, H. Gremmes, R. Klose, A. Linz, F. Rahe, R. Resch, M. Thiel, D. Trautz *et al.*, "Bonirob—an autonomous field robot platform for individual plant phenotyping," *Precision agriculture*, vol. 9, no. 841, p. 1, 2009.
- [8] F. Raverta Capua, S. Sansoni, and M. L. Moreyra, "Comparative analysis of visual-slam algorithms applied to fruit environments," in *2018 Argentine Conference on Automatic Control (AADECA)*. IEEE, 2018, pp. 1–6.
- [9] S. Sansoni and M. L. Moreyra, "Estimación de la posición lateral de un vehículo frutícola mediante visión estéreo," in *XX Reunión de trabajo en Procesamiento de la Información y Control (RPIC)*, 2019.