



Tecnológico de Monterrey

Inteligencia artificial avanzada para la ciencia de datos 2

Gpo 501

Docentes

Dr. Benjamín Valdés Aguirre

Ma. Eduardo Daniel Juárez Pineda

Dr. Ismael Solis Moreno

Dr. José Antonio Cantoral Ceballos

Dr. Carlos Alberto Dorantes Dosamantes

Integrantes

Carlos Rodrigo Salguero Alcántara	A00833341
Diego Perdomo Salcedo	A01709150
Dafne Fernández Hernández	A01369230
José Emiliano Riosmena Castañón	A01704245
Luis Arturo Rendón Iñarritu	A01703572

Querétaro, Querétaro

1.0 Introducción	3
1.1 Contexto del Proyecto	3
2.0 Resultados Principales	3
2.1 Detección en Tiempo Real:	3
2.1.1 Qué hace el modelo	3
2.1.2 Cómo lo logra	4
2.1.3 Adaptaciones para el CAETEC	4
2.1.4 Resultados	4
2.2 Patrones Identificados	4
2.2.1 Patrones de Actividad Diaria	5
2.2.2 Variabilidad en la Actividad	5
2.2.3 Patrones Diarios por Fecha	6
2.2.4 Comparación entre Semana y Fines de Semana	7
2.2.5 Distribución Entre Semana y Fines de Semana	7
2.3 Impacto Operativo	8
3.0 Beneficios del Sistema	8
3.1 Productividad Mejorada	8
3.2 Bienestar Animal	8
3.3 Eficiencia Operativa	8
4.0 Recomendaciones	8
4.1 Mejorar la Iluminación	8
4.2 Expansión del Sistema	8
4.3 Capacitación del Personal	9
5.0 Conclusión	9

1.0 Introducción

El presente reporte tiene como objetivo comunicar los resultados y beneficios del proyecto desarrollado en el CAETEC, centrado en el uso de tecnologías avanzadas de visión por computadora para optimizar el monitoreo del ganado bovino. Este sistema permite a los operadores del establo identificar y contar vacas en tiempo real, ayudando a mejorar la eficiencia en el proceso de ordeño y el bienestar animal. Diseñado para ser comprensible para una audiencia no técnica, este documento destaca los hallazgos más relevantes y cómo el proyecto contribuye a los objetivos del CAETEC.

1.1 Contexto del Proyecto

Uno de los mayores desafíos en el sector lácteo es garantizar que las vacas estén cómodas y monitoreadas de manera eficiente, ya que esto impacta directamente en la cantidad y calidad de leche producida. Este proyecto utiliza inteligencia artificial para abordar estos desafíos mediante un modelo que detecta y cuenta vaca en tiempo real, ofreciendo información útil para optimizar las operaciones del establo.

2.0 Resultados Principales

2.1 Detección en Tiempo Real:

El sistema, basado en el modelo YOLOv9c, diseñado para detectar y contar vacas en imágenes de manera eficiente y precisa. Este modelo procesa cada imagen capturada en el establo en tiempo real, completando la detección en menos de 4 milisegundos por imagen. A continuación, se explica cómo funciona este sistema en términos simples:

2.1.1 Qué hace el modelo

- **Identifica vacas:** El modelo analiza cada imagen completa y localiza las vacas presentes en ella, marcándolas con rectángulos llamados “cajas delimitadoras”.
- **Cuenta las vacas:** Basado en las cajas detectadas, el sistema calcula cuántas vacas están presentes en la imagen.
- **Guarda la información:** Los datos se almacenan automáticamente en la nube junto con la imagen procesada, organizada según el número de vacas detectadas.

2.1.2 Cómo lo logra

- **División de la imagen:** El modelo divide cada imagen en pequeñas partes, como si fuera una cuadrícula, y examina cada sección para buscar vacas.
- **Predicciones inteligentes:** Utiliza inteligencia artificial para decidir, con alta precisión, dónde están las vacas en la imagen y si las formas detectadas son realmente vacas.
- **Velocidad y eficiencia:** El modelo procesa la imagen completa de una sola vez, en lugar de analizarla por partes, lo que lo hace extremadamente rápido.

2.1.3 Adaptaciones para el CAETEC

- **Condiciones específicas:** El modelo fue configurado para funcionar de manera óptima en el establo, adaptándose a la iluminación y al entorno.
- **Entrenamiento personalizado:** Se entrenó con imágenes reales del establo del CAETEC, lo que permite que reconozca las vacas con alta precisión incluso en diferentes posiciones o condiciones de luz.

2.1.4 Resultados

- Las detecciones son rápidas, precisas y estables, permitiendo a los operadores obtener información inmediata sobre el número de vacas en el establo y optimizar sus actividades según esta información.

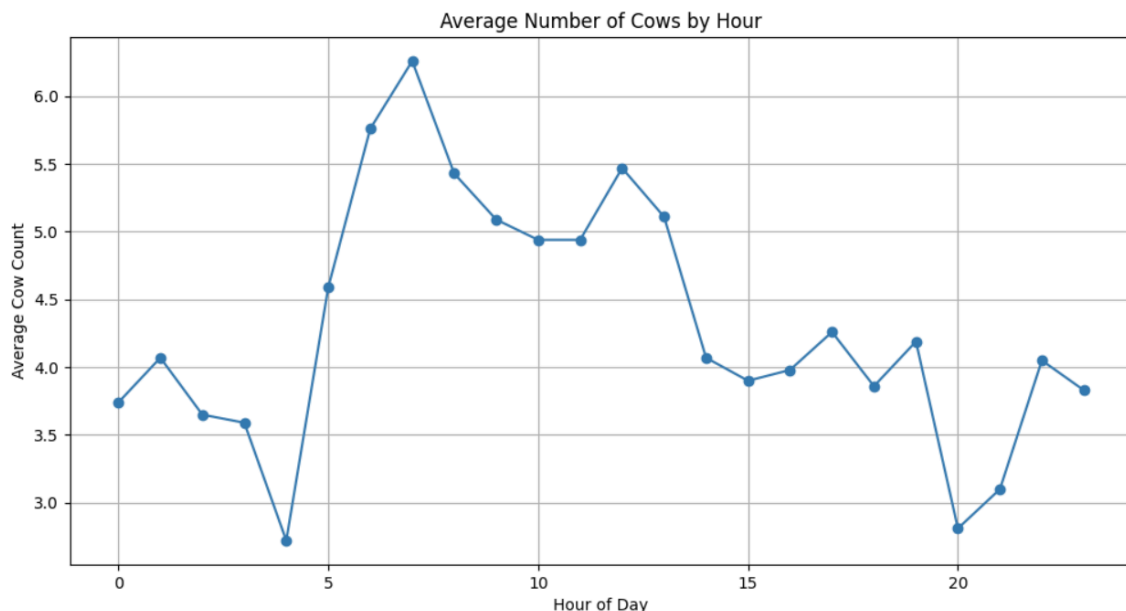
En términos simples, este modelo funciona como un sistema automático que “ve” las vacas en las imágenes, las cuenta y guarda esa información para que los operadores puedan tomar decisiones más informadas y mejorar el manejo del ganado.

2.2 Patrones Identificados

A través de la implementación del sistema de monitoreo, se lograron identificar patrones claros en el comportamiento de las vacas durante el día. A continuación, se explica en términos sencillos lo que los datos nos muestran, respaldado por las gráficas obtenidas.

2.2.1 Patrones de Actividad Diaria

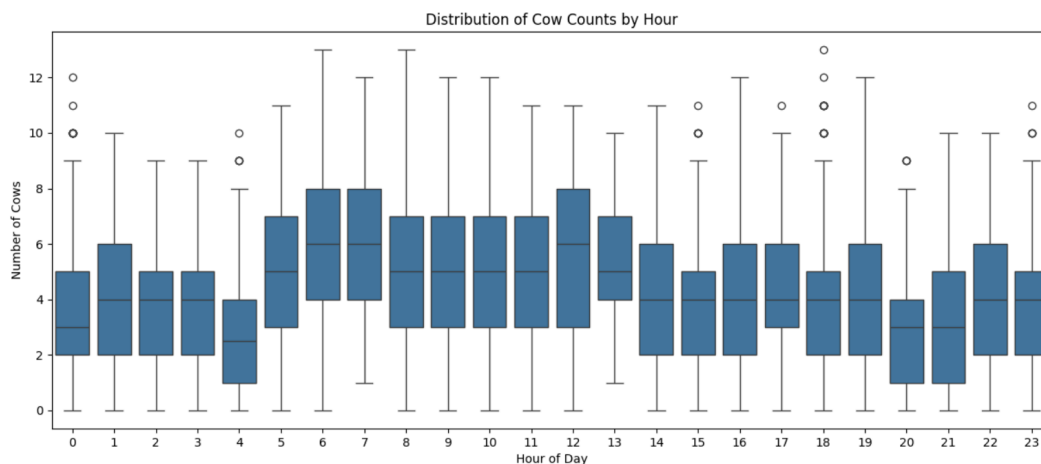
- ❖ Se observó que las vacas siguen un patrón consistente de actividad durante el día. La mayor cantidad de vacas formadas en la fila para ordeño ocurre entre las 7:00 AM y 8:00 AM, con un promedio de 7 vacas lista para el ordeño.
- ❖ A partir de las 4:00 AM, la actividad disminuye considerablemente, alcanzando el mínimo de la jornada con solo una vaca en la fila.
- ❖ Después del pico temprano, el número de vacas formadas se reduce gradualmente hasta caer en su segundo mínimo alrededor de las 8:00 PM, con solo 2 vacas en promedio.



Esta gráfica muestra claramente el patrón de actividad diario, destacando las horas de mayor y menor actividad. Es evidente que las vacas son más activas durante la mañana, lo que sugiere que las operaciones de ordeño deben priorizarse en estas horas para maximizar la eficiencia.

2.2.2 Variabilidad en la Actividad

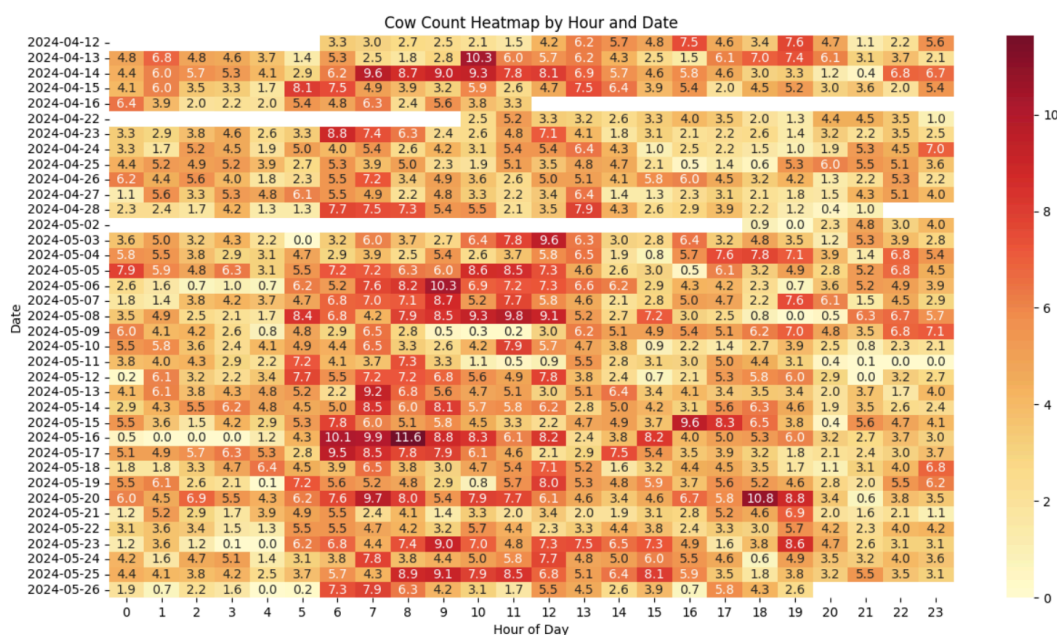
- ❖ Se analizaron las fluctuaciones del número de vacas formadas por hora a través de una gráfica de distribución.
- ❖ Las horas de mayor actividad, como las 6:00 AM a 9:00 AM, presentan una mayor variabilidad, mientras que las horas de menor actividad (como la madrugada) son más consistentes, con valores bajos en todos los días.



En esta gráfica tipo boxplot, se observa que las horas pico tienen mayor dispersión, indicando que en algunos días la cantidad de vacas puede ser mayor o menor al promedio esperado.

2.2.3 Patrones Diarios por Fecha

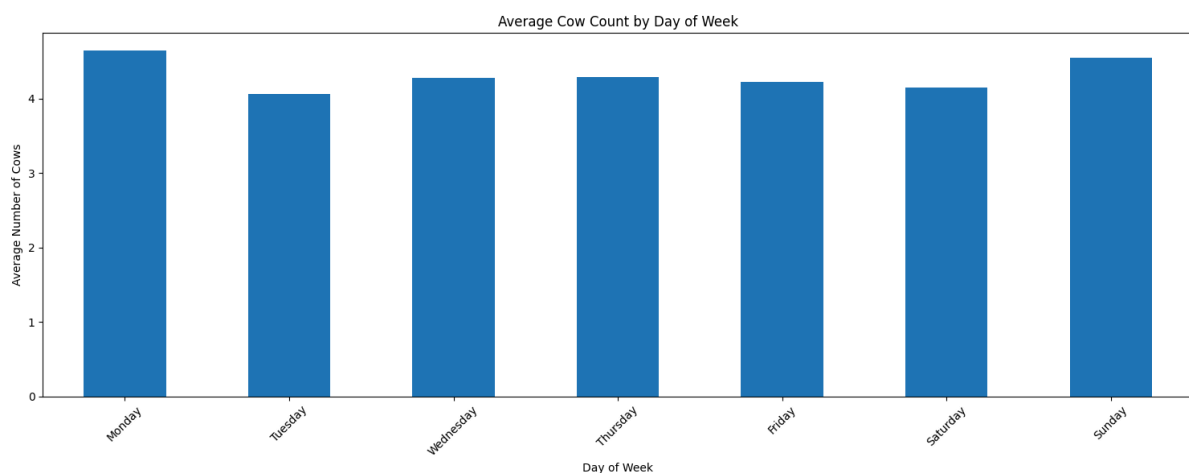
- ❖ Se utilizó un mapa de calor para observar cómo este patrón se repite a lo largo de diferentes días del mes.
- ❖ Por ejemplo, el 16 de mayo de 2024, se identificó un mínimo de actividad entre la 1:00 AM y las 3:00 AM, un máximo de 11 vacas a las 8:00 AM, y una disminución a 3 vacas a las 8:00 PM. Un patrón similar ocurrió el 6 de mayo de 2024, con un pico de 10 vacas a las 9:00 AM.



Este mapa de calor destaca cómo el patrón de actividad diaria es consistente, permitiendo a los operadores del CAETEC prever las horas de mayor y menor afluencia.

2.2.4 Comparación entre Semana y Fines de Semana

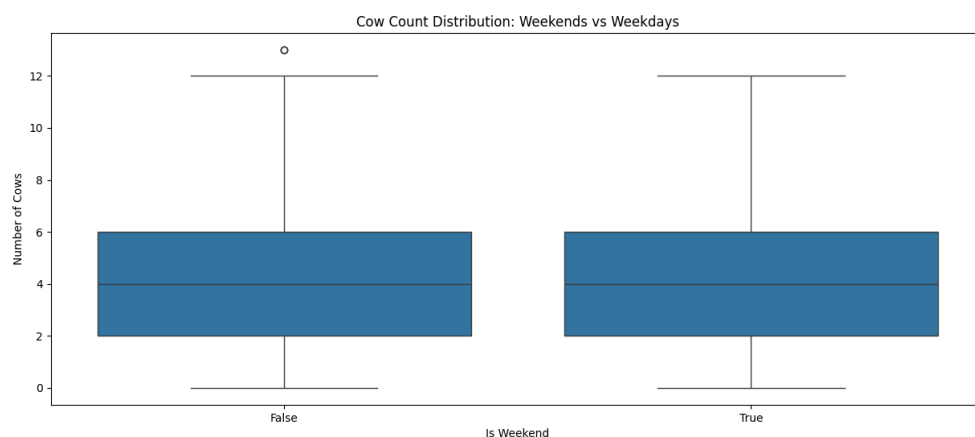
- ❖ A pesar de la hipótesis inicial, no se encontraron diferencias significativas entre los días de semana y los fines de semana. Las vacas siguen un comportamiento natural constante, sin influencias humanas notables.
- ❖ La gráfica muestra que el promedio de vacas formadas es casi igual para todos los días.



Este gráfico ilustra que no hay variaciones relevantes en el promedio de vacas entre lunes y domingo, lo que refuerza la constancia del patrón biológico.

2.2.5 Distribución Entre Semana y Fines de Semana

- ❖ En términos de dispersión, tampoco se encontraron diferencias importantes entre los días laborales y los fines de semana. La mediana y los valores extremos son prácticamente idénticos.



Este gráfico confirma que las vacas siguen un comportamiento estable, independientemente del día de la semana.

2.3 Impacto Operativo

- ❖ Los operadores ahora pueden planificar mejor el manejo del ganado según las horas pico, mejorando la eficiencia del proceso de ordeño.

3.0 Beneficios del Sistema

3.1 Productividad Mejorada

Identificar los horarios de mayor y menor actividad ayuda a equilibrar la cantidad de vacas en fila para ordeño, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo tiempos muertos.

3.2 Bienestar Animal

Al monitorear las condiciones del ganado de manera precisa, el sistema permite tomar decisiones que mejoren su comodidad, lo que impacta positivamente en la calidad de la leche.

3.3 Eficiencia Operativa

Al integrar el sistema en una Raspberry Pi con capacidad de almacenamiento en la nube, los operadores pueden acceder a la información en tiempo real desde cualquier ubicación.

4.0 Recomendaciones

4.1 Mejorar la Iluminación

Instalar un sistema de iluminación adecuado para las noches permitirá que el modelo sea más preciso bajo condiciones de baja visibilidad.

4.2 Expansión del Sistema

Evaluar la implementación de este modelo en otras áreas del establo para monitorear diferentes actividades del ganado.

4.3 Capacitación del Personal

Ofrecer entrenamiento continuo al personal para aprovechar al máximo las capacidades del sistema y entender los datos generados.

5.0 Conclusión

Este proyecto marca un paso importante en la integración de tecnologías avanzadas en las operaciones agropecuarias del CAETEC. El sistema de visión por computadora no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye al bienestar animal, garantizando una mayor calidad y cantidad de producción láctea. Su implementación ha demostrado ser una herramienta valiosa para optimizar los recursos y planificar de manera estratégica las actividades del establo.