

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



*Excelencia que trasciende*

**DELVALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

Desarrollo de una aplicación de realidad virtual para aumentar la eficiencia en la capacitación en diseño de área de trabajo del curso Ingeniería de Métodos 1 de la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Carlos Raúl Hernández Pérez para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala,

2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



*Excelencia que trasciende*

**DEL VALLE**  
GRUPO EDUCATIVO

Desarrollo de una aplicación de realidad virtual para aumentar la eficiencia en la capacitación en diseño de área de trabajo del curso Ingeniería de Métodos 1 de la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Carlos Raúl Hernández Pérez para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala,

2024

Vo.Bo.



---

Ma. Ing. Ingrid de León Vilaseca

Tribunal examinador:



---

Ing. Ana Lucía Orellana García



---

Ing. Javier Gurdian



---

Ma. Ing. Ingrid de León Vilaseca

Fecha de aprobación del examen de graduación

Guatemala, 20 de mayo de 2024

## **Prefacio**

Este trabajo de graduación está destinado a los interesados en la realidad virtual, y los estudios de tiempos con sus diferentes metodologías.

Para la realización de este proyecto se requirió el apoyo de muchas personas a las que quisiera agradecer, en especial a las siguientes:

A David Linares y Pablo Agustín, quienes fueron un apoyo constante en la realización de este trabajo.

A Ingrid de León, directora de la carrera y asesora de este trabajo, sin su apoyo, este trabajo no se hubiera podido realizar.

A Cristian Laynez, estudiante de Ciencias de la Computación, quien se dedicó al desarrollo de la aplicación.

A Mardoqueo Velásquez, quien siempre estuvo dispuesto a ayudar y apoyar el proyecto.

A Vivian Sigüenza y Sara Pineda, catedráticas quienes sin su apoyo y disponibilidad este trabajo no se hubiera podido realizar.

A las diferentes personas que ayudaron en este proyecto de diferentes formas y en sus diferentes etapas.

Por último, y más importante, a Norma Lorena Pérez y Carlos Antulio Hernández, mis padres, quienes con su apoyo incondicional en los momentos difíciles del proyecto y mi carrera universitaria me ayudaron a su finalización.

Gracias a todos por su apoyo y gracias a quien se tome el tiempo de leer este trabajo.

# Índice

1. Resumen .....	xiii
2. <i>Abstract</i> .....	0
3. Introducción .....	1
4. Objetivos .....	3
4.1. Objetivo General .....	3
4.2. Objetivos Específicos .....	3
5. Justificación .....	4
6. Marco Teórico .....	7
6.1. Realidad virtual .....	7
6.1.1. Definición .....	7
6.1.2. Realidad virtual en la educación .....	8
6.2. Gamificación .....	8
6.3. Diseño de área de trabajo .....	9
6.3.1. Calificación del desempeño .....	9
6.3.2. Capacitación del operario .....	9
6.3.3. Contaminación cruzada de alimentos .....	9
6.3.4. DOP .....	10
6.3.5. Ergonomía .....	10
6.3.6. Estudio de tiempos .....	11
6.3.7. Fatigas .....	11
6.3.8. Holguras .....	11
6.3.9. Las 5 S .....	11
6.3.10. Poka Yoke .....	12

6.3.11.	Seguridad Industrial .....	12
6.3.12.	Técnica Secuencial de Operación Maynard MOST .....	12
6.4.	Teoría del Color .....	12
6.5.	Costeo Directo .....	13
6.6.	Estudio de mercado .....	13
6.6.1.	Encuestas .....	13
6.6.2.	Entrevistas .....	13
6.7.	<i>Storyboard</i> .....	13
7.	Establecimiento de línea base .....	14
7.1.	Catedráticos.....	15
7.2.	Estudiantes .....	19
7.2.1.	Encuesta a alumnos que ya cursaron Ingeniería de métodos 1 .....	20
7.2.2.	<i>Encuesta a los estudiantes que aún no han cursado Ingeniería de Métodos 1</i> .....	29
7.3.	Selección de proceso a simular .....	33
8.	Diseño de la aplicación .....	41
8.1.	Pautas generales .....	41
8.2.	Primera fase .....	41
8.2.1.	Diseño propuesto .....	49
8.3.	Segunda fase .....	54
9.	Desarrollo de la aplicación .....	62
9.1.	Programación .....	62
9.1.1.	Aplicación utilizada.....	62
10.	Evaluación de costos .....	69
10.1.	Realización desde cero .....	69

10.1.1.	Método tradicional .....	69
10.1.2.	Desarrollo de la aplicación utilizada .....	73
10.2.	Outsourcing .....	77
10.3.	Costo real.....	78
10.4.	Evaluación de la Oportunidad de Comercialización .....	81
10.4.1.	Meta Store .....	81
10.4.2.	App Lab.....	81
10.4.3.	Sugerencias de Meta.....	82
11.	Análisis de mejora de la aplicación.....	83
11.1.	Evaluación de la aplicación completa .....	83
11.2.	Evaluación de la aplicación utilizada .....	84
11.2.1.	Estudiantes .....	84
11.2.2.	Catedráticos .....	89
12.	Conclusiones .....	92
13.	Recomendaciones .....	93
14.	Referencias.....	94
15.	Anexos .....	97

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> DOP Real.....	17
<b>Figura 2.</b> DOP del Proceso de enseñanza según el programa de iniciativa académica del curso de Ingeniería de Métodos 1 .....	18
<b>Figura 3.</b> Año que cursan los encuestados al momento de responder .....	21
<b>Figura 4.</b> Cambio en la forma en la que se enseña el tema de Diseño de área de trabajo .....	22
<b>Figura 5.</b> Tipo de aprendizaje .....	22
<b>Figura 6.</b> Clases magistrales .....	23
<b>Figura 7.</b> Respuestas según el tipo de aprendizaje y si harían un cambio en la enseñanza .....	23
<b>Figura 8.</b> Año de recepción del curso .....	24
<b>Figura 9.</b> Mejoras que quisieran hacer en la enseñanza.....	24
<b>Figura 10.</b> Selección de temas que se incluyen en el Diseño de área de Trabajo.....	25
<b>Figura 11.</b> Frecuencia de comprobaciones de lectura.....	26
<b>Figura 12.</b> Percepción estudiantil de la metodología ideal .....	27
<b>Figura 13.</b> Uso de la realidad virtual y conocimiento del laboratorio .....	28
<b>Figura 14.</b> Año de aprobación del curso .....	28
<b>Figura 15.</b> Comparación respuestas Diseño de Área de Trabajo .....	29
<b>Figura 16.</b> Percepción de las clases magistrales .....	30
<b>Figura 17.</b> Alumnos que aprobaron o no el curso de ing. de Métodos 1 según su tipo de aprendizaje .....	31
<b>Figura 18.</b> Percepción de la metodología idea.....	32
<b>Figura 19.</b> Frecuencia de las comprobaciones de lectura .....	32
<b>Figura 20.</b> Año que cursan los encuestados .....	33
<b>Figura 21.</b> Tareas del tiempo observado .....	35
<b>Figura 22.</b> Asignación de tiempos predeterminados en Prottime Estimation.....	36
<b>Figura 23.</b> Tiempo estándar de la preparación de un shuco.....	37
<b>Figura 24.</b> Plano del área de trabajo actual del shuquero .....	39
<b>Figura 25.</b> Descripción de los diferentes elementos en la Figura 24 .....	40
<b>Figura 26.</b> Pantalla de inicio .....	42

<b>Figura 27.</b> Salto del tutorial .....	43
<b>Figura 28.</b> Señalamiento de controles 1 .....	43
<b>Figura 29.</b> Señalamiento de controles 2.....	44
<b>Figura 30.</b> Explicación de las funciones dentro de la simulación.....	45
<b>Figura 31.</b> Prueba de controles.....	46
<b>Figura 32.</b> Pantalla de finalización del tutorial .....	46
<b>Figura 33.</b> Preparación de la simulación.....	47
<b>Figura 34.</b> Opciones de elementos .....	47
<b>Figura 35.</b> Instrucciones simulación 2 .....	48
<b>Figura 36.</b> Diseño propuesto preliminar .....	49
<b>Figura 37.</b> Plano de la distribución del DAT propuesto .....	52
<b>Figura 38.</b> Vista general de características fase 2 .....	55
<b>Figura 39.</b> Distribución estadística .....	56
<b>Figura 40.</b> Valor de los parámetros de la distribución de Poisson.....	57
<b>Figura 41.</b> Complejidad de pedido.....	57
<b>Figura 42.</b> Complejidad de la hielera.....	58
<b>Figura 43.</b> Ingreso del precio de venta.....	59
<b>Figura 44.</b> Menú de opciones en mano izquierda .....	60
<b>Figura 45.</b> Cambio de los parámetros de simulación.....	60
<b>Figura 46.</b> Visualización inicial con modelos disponibles .....	63
<b>Figura 47.</b> Visualización de la carreta con el modelo personalizado.....	63
<b>Figura 48.</b> Embutidos completos y "cortados" sin texturas .....	64
<b>Figura 49.</b> Shuco completo junto a su empaque .....	64
<b>Figura 50.</b> Menú inicial.....	65
<b>Figura 51.</b> Selección de modo de juego .....	65
<b>Figura 52.</b> Preparación para el inicio de la simulación .....	66
<b>Figura 53.</b> Se agrega guacamol al shuco.....	67
<b>Figura 54.</b> Verificación de los ingredientes ya agregados .....	67
<b>Figura 55.</b> Agregar Kétchup y mostaza .....	68
<b>Figura 56.</b> Shuco terminado y empacado.....	68
<b>Figura 57.</b> Participantes- Encuesta de Satisfacción .....	85

<b>Figura 58.</b> Comparación de las notas de los exámenes Pre y Post del uso de la aplicación .....	86
<b>Figura 59.</b> Consideración de uso de la aplicación como apoyo en algún curso .....	87
<b>Figura 60.</b> Valoración de la retención.....	88
<b>Figura 61.</b> Motivación a aprender vs tipo de aprendizaje.....	88
<b>Figura 62.</b> Respuestas a la motivación.....	90
<b>Figura 63.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 1.....	97
<b>Figura 64.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 2.....	98
<b>Figura 65.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 3.....	99
<b>Figura 66.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 4.....	100
<b>Figura 67.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 5.....	101
<b>Figura 68.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 6.....	102
<b>Figura 69.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 7.....	103
<b>Figura 70.</b> Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 8.....	104
<b>Figura 71.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 1 .....	105
<b>Figura 72.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 2 .....	106
<b>Figura 73.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 3 .....	107
<b>Figura 74.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 4.....	108
<b>Figura 75.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 5 .....	109
<b>Figura 76.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 6.....	110
<b>Figura 77.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 7 .....	111
<b>Figura 78.</b> Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 8.....	112
<b>Figura 79.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 1 .....	113

<b>Figura 80.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 2 .....	114
<b>Figura 81.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 3 .....	115
<b>Figura 82.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 4 .....	116
<b>Figura 83.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 5 .....	117
<b>Figura 84.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 5 .....	118
<b>Figura 85.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 6 .....	119
<b>Figura 86.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 7 .....	120
<b>Figura 87.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 8 .....	121
<b>Figura 88.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 9 .....	122
<b>Figura 89.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 10 .....	123
<b>Figura 90.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 11 .....	124
<b>Figura 91.</b> DOP de la preparación de un shuco, parte 12 .....	125
<b>Figura 92.</b> Examen Pre-aplicación, parte 1 .....	126
<b>Figura 93.</b> Examen Pre-aplicación, parte 2 .....	126
<b>Figura 94.</b> Examen Pre-aplicación, parte 3 .....	127
<b>Figura 95.</b> Examen Pre-aplicación, parte 4 .....	128
<b>Figura 96.</b> Examen Pre-aplicación, parte 5 .....	129
<b>Figura 97.</b> Examen Pre-aplicación, parte 6 .....	130
<b>Figura 98.</b> Examen Pre-aplicación, parte 7 .....	131
<b>Figura 99.</b> Examen Pre-aplicación, parte 8 .....	132
<b>Figura 100.</b> Examen Post-aplicación, parte 1 .....	132
<b>Figura 101.</b> Examen Post-aplicación, parte 2 .....	133
<b>Figura 102.</b> Examen Post-aplicación, parte 3 .....	134
<b>Figura 103.</b> Examen Post-aplicación, parte 10 .....	135
<b>Figura 104.</b> Examen Post-aplicación, parte 11 .....	136
<b>Figura 105.</b> Examen Post-aplicación, parte 12 .....	137
<b>Figura 106.</b> Examen Post-aplicación, parte 13 .....	138
<b>Figura 107.</b> Encuesta de satisfacción 1, parte 1 .....	139
<b>Figura 108.</b> Encuesta de satisfacción 1, parte 2 .....	140
<b>Figura 109.</b> Encuesta de satisfacción 1, parte 3 .....	141
<b>Figura 110.</b> Encuesta de satisfacción 2, parte 1 .....	142

<b>Figura 111.</b> Encuesta de satisfacción 2, parte 2 .....	143
<b>Figura 112.</b> Encuesta de satisfacción 2, parte 3 .....	144
<b>Figura 113.</b> Encuesta de satisfacción 2, parte 4 .....	145
<b>Figura 114.</b> Carta de Ensamble de un shuco.....	146
<b>Figura 115 .</b> Tiempos Estimados-12pm, parte 1 .....	147
<b>Figura 116.</b> Tiempos Estimados-12pm, parte 2.....	148
<b>Figura 117.</b> Tiempos Estimados-12pm, parte 3 .....	149
<b>Figura 118.</b> Tiempos Observados -12pm, parte 1 .....	150
<b>Figura 119.</b> Tiempos Observados -12pm, parte 2.....	151
<b>Figura 120.</b> Tiempos Observados -12pm, parte 3.....	152
<b>Figura 121.</b> Tiempos Estimados-3pm, parte 1 .....	153
<b>Figura 122.</b> Tiempos Estimados-3pm, parte 2.....	154
<b>Figura 123.</b> Tiempos Estimados-3pm, parte 3.....	155
<b>Figura 124.</b> Tiempos Estimados-3pm, parte 4.....	156
<b>Figura 125.</b> Tiempos Observados-3pm, parte 1 .....	157
<b>Figura 126.</b> Tiempos Observados-3pm, parte 2.....	158
<b>Figura 127.</b> Tiempos Observados-3pm, parte 3.....	159
<b>Figura 128.</b> Tiempos Observados-3pm, parte 4.....	160

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Necesidades encontradas- Línea base .....	14
<b>Tabla 2.</b> Comparación entre metodología del Programa de I.A. y la metodología de la catedrática 2 .....	15
<b>Tabla 3.</b> Población, Tamaño de muestra y error muestral.....	20
<b>Tabla 4.</b> Resumen DOP de un shuco.....	38
<b>Tabla 5.</b> Descripción de las holguras .....	38
<b>Tabla 6.</b> Diferencias entre el proceso actual y el diseño propuesto en la preparación de shucos.....	51
<b>Tabla 7.</b> Leyenda Figura 37 .....	53
<b>Tabla 8.</b> Mobiliario y Equipo.....	70
<b>Tabla 9.</b> Inversión inicial .....	71
<b>Tabla 10.</b> Consumo eléctrico.....	72
<b>Tabla 11.</b> Costo de energía eléctrica .....	72
<b>Tabla 12.</b> Costos fijos.....	73
<b>Tabla 13.</b> Costeo directo .....	73
<b>Tabla 14.</b> Costo mensual e inversión inicial .....	73
<b>Tabla 15.</b> Consumo eléctrico al semestre por salón de clase .....	74
<b>Tabla 16.</b> Promedio de Salarios por hora y desv. estándar .....	75
<b>Tabla 17.</b> Inversión Inicial .....	75
<b>Tabla 18.</b> Costos Fijos.....	76
<b>Tabla 19.</b> Costo Energía Eléctrica.....	76
<b>Tabla 20.</b> Costeo Directo .....	77
<b>Tabla 21.</b> Costo mensual e inversión inicial .....	77
<b>Tabla 22.</b> Desglose del costo del proyecto.....	78
<b>Tabla 23.</b> inversión inicial y pago final.....	78
<b>Tabla 24.</b> Consumo eléctrico.....	79
<b>Tabla 25.</b> Costo de la energía eléctrica .....	79
<b>Tabla 26.</b> Costeo Directo .....	80
<b>Tabla 27.</b> Costo mensual e inversión inicial .....	80
<b>Tabla 28.</b> Cálculo de mejora en costos .....	80

<b>Tabla 29.</b> Cálculo de mejora general .....	91
<b>Tabla 30.</b> Comparativa de costos .....	161
<b>Tabla 31.</b> Cálculo de mejora general .....	161

## Ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b> Cálculo de muestra con población finita .....	19
<b>Ecuación 2.</b> Cálculo de error muestral .....	19
<b>Ecuación 3.</b> Función de probabilidad de Poisson .....	56
<b>Ecuación 4.</b> Cantidad de horas por semestre.....	77

## Resumen

La realidad virtual (RV) es un entorno de experiencias inmersivas que permite a los usuarios interactuar con escenarios y objetos que simulan la realidad. En este trabajo de graduación, se aborda el desarrollo de una aplicación de RV centrada en el diseño de área de trabajo, con el objetivo principal de aumentar la eficiencia con la que se enseña, en al menos un 10%, a los alumnos del curso Ingeniería de Métodos 1 en la Universidad del Valle de Guatemala.

Para establecer una línea base sólida, se llevaron a cabo entrevistas con los catedráticos que han impartido el curso durante los últimos 5 años y se encuestaron a los alumnos que tomaron el curso con estos catedráticos.

Con la información de la línea base en mano y una comprensión clara de las necesidades de tanto los catedráticos como los estudiantes, se procedió al diseño del Storyboard. Este storyboard representó una visualización en papel de la aplicación que se tenía la intención de desarrollar.

Se comenzó la fase de desarrollo de la aplicación de RV utilizando el software Unity. Este fue posible gracias al apoyo de un estudiantes de Ing. en Ciencias de la Computación. Él se encargó de volver realidad la aplicación.

Después de completar el desarrollo de la aplicación en el software, se llevaron a cabo pruebas piloto para identificar posibles errores o problemas dentro de la simulación. Estas pruebas involucraron a los desarrolladores y algunos catedráticos. El objetivo era detectar posibles errores de usuario y realizar las correcciones necesarias.

Tras finalizar las correcciones y el desarrollo de la aplicación, se procedió a realizar un análisis económico y financiero. Se monitoreó el tiempo invertido en la creación de la aplicación y se calculó un costo para la capacitación en el tema, comparándolo con el tiempo requerido para el método tradicional de enseñanza.

Luego, se llevaron a cabo pruebas con estudiantes y catedráticos para evaluar si existía una diferencia significativa en la eficiencia de la capacitación. Aunque no se logró la mejora del 10% prevista en términos de tiempo, tanto estudiantes como catedráticos destacaron

mejoras en la retención de información y en la motivación del estudiante, subrayando el potencial de la RV en la educación.

*Palabras clave:* realidad virtual, diseño de área de trabajo, tipo de aprendizaje, eficiencia,

## *Abstract*

Virtual reality (VR) is an environment of immersive experiences that allows users to interact with scenarios and objects that simulate reality. This graduation project is centered on the development of a VR application focused on the design of workspace environments. Its principal objective is to increase the efficiency of teaching, by at least 10%, for students of the course: Methods Engineering 1, of Industrial Engineering at Universidad del Valle de Guatemala. To establish a solid baseline, interviews were conducted with the professors who have taught the course over the last 5 years, and the students who took the course with them were surveyed.

With the baseline information and a clear understanding of the needs of both, professors and students, the design of the Storyboards began. This storyboard was a visual representation of the intended application to be developed. For the development phase, this project was made with Unity. It was possible thanks to the effort of a student from Computer Science Engineering.

After completing the application development, pilot tests were conducted to identify possible errors or issues within the simulation. These tests involved developers and some professors. The goal was to detect possible user errors and make the corresponding corrections.

Upon completing the corrections and the application's development, an economic and financial analysis was made. The time invested on creating the application was monitored, and the cost of development was calculated, comparing it with the traditional teaching method.

Subsequently, tests were conducted with students to assess whether there was a significant difference in the efficiency of teaching. Although the anticipated 10% of improvement was not achieved, students and professors, both highlighted improvements on the retention of information and students' motivation, emphasizing the potential of VR in education.

*Key words:* virtual reality, workspace design, type of learning, efficiency

# 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es ayudar a catedráticos y alumnos en la enseñanza y aprendizaje, mediante el aprovechamiento de las nuevas tecnologías disponibles. Se escogió la realidad virtual como la herramienta para la resolución de problemas debido a su versatilidad de simulación, y modalidad (asincrónica o virtual) según se necesite. Sin embargo, la tecnología por sí sola no es suficiente para solventar el problema, por lo que fue necesario definir un tema, en el que se pudiera agregar realidad virtual. El tema escogido fue el diseño de área de trabajo porque se ve a profundidad, únicamente, en el curso de Ingeniería de Métodos 1. Además, sin las prácticas o laboratorios puede ser complicado de entender, por lo que utilizar realidad virtual es una oportunidad para realizar estas prácticas de forma remota.

El proceso de evaluación inició con el establecimiento de la línea base, con la cual se determinaron problemas y necesidades de los alumnos y los catedráticos. Se determinó que hay alumnos cuyas necesidades no se ven satisfechas, por la metodología de aprendizaje o por la falta de opciones prácticas para los temas vistos en clase. De igual manera, se determinaron los problemas para los catedráticos que no logran que los alumnos logren aprender correctamente algunos de los temas, dificultando así que el alumno se interese en la clase y haciendo que olvide rápidamente los temas.

Con esto en mente, se procedió con la búsqueda del proceso a simular y del equipo que se encargaría de la parte de desarrollo en Unity. Para esto, se establecieron los criterios de selección del proceso a simular. En paralelo, se buscó a las personas que podrían realizar la creación de esta aplicación, por lo que se hizo una convocatoria a estudiantes de Ciencias de la Computación que desearan participar en el proyecto y que cumplieran los requisitos. Al tener ambos, se tuvieron pequeñas reuniones regulares para explicar la idea a los programadores. Utilizando storyboards en papel, para luego comenzar a realizarlos de forma digital. Luego de concretar los límites, debido al tiempo, el proyecto continuó hasta las pruebas con usuarios.

Para estas pruebas, se buscaron voluntarios, quienes fueron evaluados en sus conocimientos y quienes proporcionaron su satisfacción con respecto a la jugabilidad de la aplicación y su posible ayuda en el curso. La recepción, tanto de estudiantes como de

catedráticos fue muy buena. Ambos grupos valoraron muy bien la aplicación y sus beneficios, a pesar de que la aplicación todavía está en una versión sencilla, en la que no se incluyen todas las características deseadas.

Se decidió usar el 10% como límite de comparación ya que en (Alvarado, Jofré, Rosas, & Guerrero, 2019) se encontró que el porcentaje de mejora en las notas de los estudiantes habían aumentado en un 15% y un 8% en las pruebas que realizaron. Adicional a esto, debido a que esta será una aplicación nueva puede que las mejoras no sean tan buenas como con una aplicación que ya hay pasado por un proceso iterativo de mejoras. Además, según (Mosayhuate Sagal & Puma Carvajal, 2019) el aprendizaje al utilizar la realidad virtual aumentó en un 80.8%, por lo que, con las limitaciones de la aplicación a desarrollar, lograr una mejora del 10% es razonable.

Como resultado, se pueden satisfacer las necesidades de alumnos y catedráticos. Sin embargo, la evaluación por medio de exámenes, antes y después del uso de la aplicación aún no es concluyente debido a la versión en la que esta se encuentra. Aunque los beneficios percibidos por los grupos objetivos pueden llegar obtener un beneficio superior al 10% planteado inicialmente en este trabajo. Por lo que aunque pueda parecer más costoso, desde el punto de vista financiero, la realización de la aplicación se recomienda continuar con el desarrollo de ésta.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo general**

Desarrollar una aplicación de realidad virtual para aumentar la eficiencia, en al menos un 10%, de la capacitación en diseño de área de trabajo del curso Ingeniería de Métodos 1 de la Universidad del Valle de Guatemala, usando herramientas de producción esbelta y un nivel de inmersión básico.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Identificar los elementos básicos y la información sobre la metodología de los catedráticos de Ingeniería de Métodos 1, de los últimos 5 años, a través de entrevistas a catedráticos y encuestas a alumnos, para diagramar el proceso de capacitación con la metodología actual de enseñanza.

2. Generar una alternativa empleando realidad virtual para el diseño de puestos de trabajo, partiendo de una experiencia más vívida para el usuario, incorporando los conceptos de: seguridad industrial, las 5 s, poka yoke, ergonomía, estudios de tiempos, fatigas, holguras, y capacitación del operario.

3. Determinar el efecto en la eficiencia que tiene el uso de metodología de RV en la formación de diseño de puestos de trabajo, a través de la evaluación de costos en comparación con los métodos tradicionales.

4. Analizar las diferencias en un grupo capacitado de forma tradicional y otro usando la realidad virtual, a través de la simulación diseñada, en el laboratorio de realidad virtual de la Universidad del Valle de Guatemala

### **3. Justificación**

La Universidad del Valle de Guatemala fomenta la innovación y el desarrollo en diferentes ámbitos. Dentro de las instalaciones de la Universidad existen diferentes tipos de laboratorios a disposición de los estudiantes para realizar: tareas, trabajos de clase, proyectos, y trabajos de graduación. Cada laboratorio cuenta con los programas necesarios según las necesidades del estudiante. En el laboratorio de realidad virtual de la universidad es donde ya se cuenta con la tecnología necesaria para el desarrollo y empleo de la aplicación propuesta. Al estar la aplicación desarrollada, permitiría a los alumnos actividades autodirigidas de aprendizaje y/o refuerzo, sin necesidad de tener al catedrático presente.

Se escogió el tema de diseño de área de trabajo, por las combinaciones de temas que conlleva como: seguridad industrial, ergonomía, estudios de tiempos y movimientos, poka yoke, holguras, fatigas y 5S. Algunos de los cuales se abarcan más adelante en la carrera de Ingeniería industrial. Un buen diseño de área de trabajo incluye muchas variables con el fin de mantener la salud e integridad física del operario, y aumentar la eficiencia de la producción. Este también es un tema que se enseña explícitamente en el curso de Ingeniería de Métodos 1, y en los cursos siguientes este tema solo se aplica o menciona como una tarea a realizar. También hay algunos conceptos que puede que al inicio no se visualicen o comprendan fácilmente, y la realidad virtual podría destacarlos y hacerlos más fáciles de comprender.

El tiempo es un activo valioso por el que se paga, especialmente en el ámbito de estudios universitarios, este suele ser insuficiente para: tratar los temas del curso de manera profunda, de resolver todas las dudas que surgen o incluso para mantener a los catedráticos en un aprendizaje continuo. De acuerdo con (Jimenez Hernandez, Sancho Requena, & Sánchez Fuentes, 2021) la falta de tiempo y de ofertas formativas es lo que impide a los catedráticos una mejor formación. El incentivar estas formaciones junto con el uso de metodologías activas es lo que se debe hacer. Por ello es necesario diseñar una aplicación que ayude a enseñar de una forma más eficiente. “En la actualidad es necesario un cambio de paradigma pedagógico acorde con las demandas de la sociedad del conocimiento y de la información y las características del alumnado de la nueva era digital, un alumnado

multitarea con nuevas formas de aprender a través de diversas vías sensoriales.” (Universidad de Málaga et al., 2018)

Gracias a la pandemia, los métodos de enseñanza cambiaron drásticamente en poco tiempo. Agregando tecnología, que ya se tenía y algunas nuevas. Así, la tendencia de utilizar nuevas tecnologías en la universidad y crear un modelo híbrido puede traer un potencial de asociación entre la forma en que se aprende y el uso de las tecnologías, de modo que el estudiante se convierta en un pensador crítico para la resolución de problemas en el contexto académico. Esta hibridación del modelo de enseñanza incluye, además de espacios físicos innovadores, también el uso de los espacios digitales. Ahí es donde entra la realidad virtual, esta puede agregar aspectos de interacción en los procesos de enseñanza y aprendizaje tradicionales. (Jimenez Hernandez, Sancho Requena, & Sánchez Fuentes, 2021) Un ejemplo de esto es la aplicación "Trabajar en espacios confinados" utiliza realidad virtual en la educación en el área de la salud y la seguridad, a través de la gamificación. Se realizaron pruebas para validar la eficiencia del juego entre los participantes. Con los resultados, los autores identificaron que, de los 28 participantes, el 68,4 % informó que el juego les ayudó a prepararse para la actividad práctica y el 79,20 % se sintió como si estuvieran trabajando. Además, se consideró la experiencia de los estudiantes placentera, significativa y efectiva, y que había contribuido al compromiso del estudiante en el proceso de aprendizaje. (Sousa Ferreira, Campanari Xavier, & Rodriguez Ancioto, 2021)

Tal y como lo demuestra (Sousa Ferreira, Campanari Xavier, & Rodriguez Ancioto, 2021) la gamificación ha demostrado una mejora en la retención de los temas, permite un acercamiento por parte del estudiante y una mejor comprensión.

Además, con las nuevas tecnologías, y una sociedad tan acostumbrada a éstas es necesario cambiar de alguna manera las técnicas de enseñanza para adaptarse al cambio. Se escogió la realidad virtual como herramienta principal, debido a su alta versatilidad y a que su uso, en diferentes situaciones, ha demostrado tener un gran impacto en las personas. La realidad virtual, junto a la gamificación, como lo menciona (Sousa Ferreira, Campanari Xavier, & Rodriguez Ancioto, 2021) demostró tener un efecto positivo en los estudiantes. Estas características son lo que lo hace ideal para modificar la enseñanza del tema diseño de área de trabajo. Es un tema de Ingeniería de Métodos 1, en el que se incluyen muchos

temas como: ergonomía, estudio de tiempos y movimientos, seguridad industrial, capacitación del operario, fatigas, holguras, poka yoke y las 5s. Para diseñar un área de trabajo es necesario tomar en cuenta el uso del cuerpo humano, el arreglo y las condiciones del lugar de trabajo y el diseño de herramientas y equipo. (Freivalds & Niebel, 2014)

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Realidad virtual**

#### **4.1.1. Definición**

La realidad virtual es una nueva tecnología que permite al usuario una experiencia inmersiva al utilizar un visor que cubre los ojos, y los controles correspondientes. Esto permite crear una vista en primera persona, pudiendo observar alrededor simulando un ambiente en 360 grados. (Universidad de Málaga et al., 2018) Así, la simulación y la experiencia al usar el visor sea más inmersiva al perder cierta noción del “mundo real” creando eventos, situaciones, circunstancias difíciles o imposibles de crear en la realidad; o bien copiando situaciones cotidianas.

El mercado de las tecnologías pertenecientes a la realidad mixta (realidad virtual y realidad aumentada) han ido creciendo con el tiempo gracias al avance de estas tecnologías y a su uso en diferentes industrias. En el año 2021 el mercado de estas tecnologías tenía un valor aproximado de 56 mil millones de dólares con un valor esperado, para 2024 cercano a los 300 mil millones de dólares. (Juárez, 2022)

Actualmente los líderes de estas tecnologías son Facebook o Meta, con el visor de realidad virtual Oculus, en sus diferentes versiones: rift, quest y quest 2. Por su parte Google también tiene parte en este mercado con su visor de realidad virtual HTC Vive. Para los diferentes dispositivos de realidad virtual, existen bibliotecas virtuales con muchas experiencias diferentes, además de accesorios para hacer la simulación más realista. Las experiencias que se utilizan en los visores son posibles de crear a través del programa de diseño Unity, como motor de creación principal. Esta es la plataforma que permite el desarrollo en tiempo real de objetos en 3D y en 2D al igual que el renderizado de audio, animaciones y otros. (Moreno Martínez, López Meneses, & Leiva Olivencia, 2018)

#### **4.1.2. Realidad virtual en la educación**

Los recursos digitales —como ha quedado reflejado en la literatura expuesta— se ha posicionado como una tecnología al servicio de los docentes para mejorar y revolucionar los procesos de enseñanza y aprendizaje que tienen cabida en las aulas del presente. (López Belmonte, Pozo Sánchez, Morales Cevallos, & López Meneses, 2019) Por tanto, los nuevos paradigmas tecnoeducativos de la sociedad de la información y el conocimiento requieren que el docente disponga de un determinado nivel de competencia digital para llevar a cabo con eficacia, diversas acciones formativas desde una perspectiva innovadora. Éstas estando fundamentadas en la utilización de herramientas y metodologías emergentes. Estas nuevas formas de enseñar se han ido incorporando paulatinamente a los espacios educativos, como consecuencia de los avances tecnológicos e investigaciones que demuestran su validez y relevancia en estos ámbitos (López Belmonte, Pozo Sánchez, Morales Cevallos, & López Meneses, 2019)

#### **4.2. Gamificación**

La gamificación, que consiste en aplicar los elementos propios del juego en contextos no lúdicos (Navarro-Mateos, Pérez-López, & Femia Marzo, 2021). Debido a esto, la utilización de la gamificación como método de enseñanza es una gran alternativa para enseñar algunos temas que podrían ser aburridos, o muy abstractos. En las ingenierías algunas de las variables sobre las que se han incidido han sido el compromiso, la motivación o la mejora de la experiencia de aprendizaje (Navarro-Mateos, Pérez-López, & Femia Marzo, 2021). Aunque el uso de esta ya demostró sus beneficios aun así solo se han identificado 15 propuestas de gamificación en el ámbito educativo español. Este reducido número llama la atención, teniendo en cuenta lo que sucede en el ámbito internacional, donde su repercusión es mucho mayor (Navarro-Mateos, Pérez-López, & Femia Marzo, 2021). En la actualidad existen diferentes tecnologías que pueden ayudar a realizar la tarea de la gamificación, ya no es trabajo exclusivamente de los catedráticos o profesores. Ahora las herramientas tecnológicas pueden ser utilizadas como

mecanismos didácticos que ayudan, entre otras cosas, a la resolución de problemas de aprendizaje, al mejoramiento de las habilidades motoras y cognitivas, y al fomento de la creatividad. (Innovation, 2018). Estas pueden ser usadas, incluso de manera remota o asincrónica, debido al recurso disponible dentro de la universidad.

### **4.3. Diseño de área de trabajo**

Un buen diseño de área de trabajo comienza con la identificación y la evaluación del puesto de trabajo, esto con el fin de proteger al operario. Hacer esto beneficia tanto al operario como a la empresa; reduciendo costos por ausentismo laboral, incapacidades médicas no certificadas y en casos más extremos problemas legales por la responsabilidad de la defunción del operario. Además, el tener al operario cómodo lo puede hacer más productivo, y en un aspecto más emocional, más leal a la empresa que sí se preocupa por su seguridad y comodidad. Entre las variables que se deben incluir en un buen diseño se incluyen: las 5 s, poka yoke, ergonomía, estudios de tiempos, fatigas, holguras, capacitación del operario, y seguridad alimentaria.

#### **4.3.1. Calificación del desempeño**

Es el paso más importante en todo el procedimiento de medición del trabajo. También es el paso más sujeto a críticas, ya que está basado por completo en la experiencia, capacitación y juicio del analista que lo realizará. (Freivalds & Niebel, 2014)

#### **4.3.2. Capacitación del operario**

Los operarios deben capacitarse de manera apropiada para aplicar el método prescrito y alcanzar el estándar deseado. (Freivalds & Niebel, 2014)

#### **4.3.3. Contaminación cruzada de alimentos**

La contaminación cruzada es la transferencia de bacterias dañinas entre comidas, tablas de picar y utensilios. Esto sucede cuando estos no son manejados correctamente. Esto es especialmente importante cuando se manipulan carnes

crudas, aves de corral, huevos y mariscos; se deben mantener estos alimentos y sus jugos lejos de la comida cocinada o comidas listas para consumir, así como de los productos frescos. (Agriculture, Cross-Contamination-U. S Department of Agriculture, 2022) Una forma de evitar la contaminación cruzada es tener utensilios diferentes para cada alimento. Estos son: cuchillos, tenazas, tenedores y tablas de picar. Para las tablas de picar existen diferentes materiales a utilizar. La línea directa de carnes y aves dice que los consumidores pueden usar madera o una superficie no porosa para cortar carnes y aves crudas. Sin embargo, considere usar una tabla de cortar para productos frescos y pan y otra separada para carnes, aves y mariscos crudos. Esto evitará que las bacterias en una tabla de cortar que se usa para carnes, aves o mariscos crudos contaminen un alimento que no requiere más cocción. (Agriculture, Cutting Boards-U. S. Department of Agriculture, 2017)

#### **4.3.4. Diagrama de operaciones y procesos**

El diagrama de operaciones del proceso muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. El diagrama muestra la entrada de todos los componentes y sub-ensambles al ensamble principal. (Percy Alberto, 2020)

#### **4.3.5. Ergonomía**

Es el estudio de las formas en las que se puede ayudar a las personas a trabajar de manera más eficiente y sin lesiones en su entorno. En un área de trabajo, la ergonomía ayuda a adaptar el trabajo al trabajador. Se basa en muchas otras disciplinas, tal como la fisiología (el estudio de los organismos vivos y sus partes), la antropometría (el estudio de las medidas y proporciones del cuerpo humano) y la biomecánica (el estudio de cómo se mueve un cuerpo vivo). Para comprender cómo adaptar el trabajo al trabajador, es fundamental comprender cómo funciona el cuerpo humano. (Departamento de Seguros de Texas, 2021)

#### **4.3.6. Estudio de tiempos**

Para desarrollar un centro de trabajo eficiente es el establecimiento de estándares de tiempo. Cualquiera de las técnicas de medición representa una mejor forma de establecer estándares de producción justos. Todas las técnicas se basan en la creación de estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los cumplimiento y holguras por fatigas y por retrasos personales e inevitables. (Freivalds & Niebel, 2014)

#### **4.3.7. Fatigas**

Agotamiento mental o físico resultante de realizar las actividades laborales requeridas, lo que lleva a una disminución de la capacidad para realizar el trabajo. Generalmente atribuido a las malas condiciones de trabajo o a los exigentes requisitos laborales.

#### **4.3.8. Holguras**

El último paso en la medición del desempeño es la adición de un suplemento y holgura para tomar en cuenta las múltiples interrupciones, demoras y retardos causados por la fatiga en todas las asignaciones de trabajo. (Freivalds & Niebel, 2014) Estas interrupciones o pequeñas pérdidas de tiempo, se pueden deber a situaciones cotidianas o imprevistas dentro de la operación, acorde a esto, se les clasifica de cierta forma. Estas pueden ser constantes, variables o especiales; no puede haber muchas holguras porque los costos de manufactura se inflan indebidamente, y si son muy pequeñas los estándares son muy estrictos. (Freivalds & Niebel, 2014)

#### **4.3.9. Las 5 S**

Una herramienta de uso simple que conlleva a tener mejoras continuas en el área de trabajo, sustentando que no solo se aplica en empresas también en casas, talleres, entre otros lugares, de la misma manera, es una metodología que apareció en los años 60; sus iniciales representan su origen japonés: sieri (clasificación), seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización), Shitsuke (Disciplina). (Sócola Lopez, Medina Marchena, & Olaya Guerrero, 2020)

#### **4.3.10. Poka Yoke**

Es un método para disminuir los errores humanos, se enfoca en los defectos creando sistemas que inmediatamente previenen o detectan los errores. (Villanova, 2022)

#### **4.3.11. Seguridad industrial**

La seguridad en el lugar de trabajo es una extensión del concepto de proporcionar un ambiente de trabajo agradable, seguro y cómodo al operador. El objetivo principal no es aumentar la producción con mejores condiciones de trabajo o un aumento de la moral del trabajador, sino específicamente reducir el número de accidentes, los cuales dan como resultado la aparición de lesiones y la pérdida de bienes. (Freivalds & Niebel, 2014)

#### **4.3.12. Técnica secuencial de operación Maynard MOST**

Sistema para establecer estándares de tiempo. Este método es al menos cinco veces más rápido que con MTM-1. MOST tiene tres niveles: MaxiMOST, MiniMOST, BasicMOST. Siendo el más rápido, pero menos exacto MaxiMOST. MiniMOST se usa para operaciones muy cortas y frecuentes. Para BasicMOST es el nivel intermedio, cubre operaciones entre 0.5 y 3 minutos de duración. (Freivalds & Niebel, 2014)

### **4.4. Teoría del color**

El uso apropiado de los colores contribuye en gran medida a generar respuestas genuinas del público, transmitir emociones y visualizar conceptos que se puedan considerar muy complejos o abstractos. Asimismo, agrega que los colores generan una reacción espontánea en la psiquis, y que estos corresponden simbólicamente a diversos estados de ánimo. (Rolón-Rodríguez, Picón-Angarita, & Caselles-Hernández, 2021) Permitiendo manipular la percepción del usuario, dentro de la simulación. Haciendo énfasis en alguna parte importante, u ocultándola adrede.

#### **4.5. Costeo directo**

Fundamenta su concepción en la clasificación de los costos según su comportamiento en fijo o variable, ya que ésta solamente lleva como costo del producto el componente variable, ya que la parte fija se considera como un gasto del periodo. (Ibarguen Mosquera & Rodriguez Vanegas, 2021)

#### **4.6. Estudio de mercado**

Inicia con el análisis de la oferta y la demanda, el análisis de los precios y la comercialización tiene como objetivo verificar la posible penetración del producto. El investigador del mercado, a través de un estudio meticuloso, podrá palpar o sentir el riesgo que se corre y la posibilidad de éxito que habrá con la venta de este producto y con la existencia de un nuevo competidor en el mercado. (Berrones Zuñiga, 2019)

##### **4.6.1. Encuestas**

Técnica de interacción personal que permite la libertad de alterar el orden, la forma de preguntar y el número de preguntas. Se dispone de una guía que puede modificarse de acuerdo con los intereses del investigador sin alterar el objetivo (Granado Muñoz, 2020)

##### **4.6.2. Entrevistas**

Es una técnica para estudiar fenómenos de carácter social que busca abundar en sus componentes no de manera directa, sino a través de la experiencia de las personas (Granado Muñoz, 2020)

#### **4.7. *Storyboard***

Es una estrategia didáctica que aborda el dibujo desde el recorrido y la secuencia espacial. (Vilar, 2021)

## 5. Establecimiento de línea base

Este trabajo se enfocó en encontrar las necesidades de los estudiantes y catedráticos, con el fin de presentar una alternativa que las satisfaga y sea más eficiente que la forma tradicional de enseñanza. Se utilizaron encuestas, entrevistas, y análisis de los datos obtenidos. En ésta y las siguientes secciones se presentan los datos, así como el proceso seguido para su obtención. Los resultados muestran que aún con una simulación básica es posible ayudar a los alumnos a entender o visualizar mejor los temas, así como aumentar su interés en los mismos.

Para establecer la línea base de este trabajo se realizaron 2 entrevistas. Una para cada catedrática que estaba impartiendo el curso durante el segundo semestre del año 2022. La obtención de la perspectiva de los alumnos, se realizó con encuestas a quienes ya aprobaron el curso, y a quienes no lo han recibido. A continuación, se presenta el procedimiento y sus resultados.

**Tabla 1.** *Necesidades encontradas- Línea base*

Necesidades Encontradas	Catedráticos	Estudiantes
1	Disminuir la cantidad de tiempo dedicado a repasar	Más actividades prácticas
2	Mantener la atención y retención del tema, para con los estudiantes	Diferentes formas de enseñar, además de las clases magistrales
3	Motivarlos a leer o que se interesen más por el tema	Motivación e interés por leer antes de la clase
4	Visualización sobre que un estudio de 15 minutos equivale al trabajo diario de 8 horas de una persona	Identificar su tipo de aprendizaje
5	Reducir el tiempo de dudas que se pudieran resolver leyendo	Recibir clases que contemplen su tipo de aprendizaje para aprender de forma más cómoda y eficiente.

## 5.1. Catedráticos

Se entrevistó a cada una de las catedráticas que estaban impartiendo Ingeniería de Métodos 1 durante el segundo semestre del 2022 y que, además, lo hayan impartido en los últimos 5 años. Para fines de este trabajo se clasificarán como: catedrática 1 y catedrática 2.

Como siguiente paso la elaboración de los diagramas de proceso de la metodología usada durante el curso; así como de la metodología propuesta en el programa de iniciativa académica, fueron el paso posterior a las entrevistas. Se establecieron los responsables y sus tareas correspondientes. Los tiempos de cada tarea se agregaron según el programa de iniciativa académica y la metodología de los catedráticos, en los casos donde aplica. Solo se pudo realizar el diagrama de la metodología de enseñanza, correspondiente a la *catedrática 2*, ya que la *catedrática 1* modifica su material según el tema que impartirá, y la recepción del grupo al que se le imparte. En la **Tabla 2**, se compara según la cantidad de actividades y el tiempo, el proceso del programa de iniciativa académica con la metodología de la catedrática 2.

**Tabla 2.** Comparación entre metodología del programa y la metodología de la catedrática 2

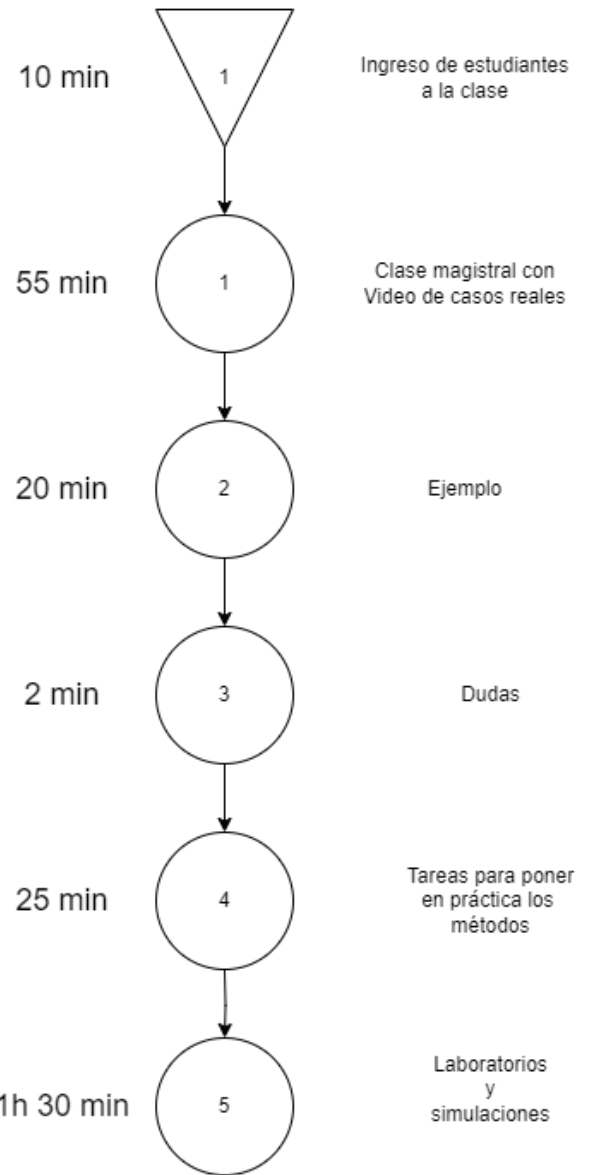
		Cantidad		Tiempo (minutos)	
		Programa I.A.	Catedrática 2	Programa I.A.	Catedrática 2
Acciones	Ingresos	1	1	10	10
	Decisiones	1		0	0
	Operaciones	8	5	200	192
Total				210	202

El diagrama del proceso ideal de aprendizaje (**Figura 2.** DOP del Proceso de enseñanza según el programa de iniciativa académica del curso de Ingeniería de Métodos 1) se basa en lo indicado por el programa de iniciativa académica. Los elementos que se deben cumplir en el tiempo de la clase: comprobaciones de lectura, actividades de aprendizaje teóricas o prácticas, y resoluciones de dudas. Esta forma de “propuesta” por parte de la universidad

requiere un compromiso por parte del alumno de leer el contenido antes de la clase y presentar sus dudas durante la misma. A pesar de esto, el método que más se asemeja a lo que realmente sucede dentro del aula de clases (y que se pudo diagramar) es lo que realiza la catedrática 2. En donde los alumnos llegan a aprender todo lo que pueden de la explicación de la catedrática, resuelven algunas dudas durante la clase y las que van surgiendo durante la actividad práctica. A menos que los estudiantes tengan algún tipo de incentivo, ya sea negativo o positivo, no leen el material necesario para la clase y estas medidas no son 100% efectivas.

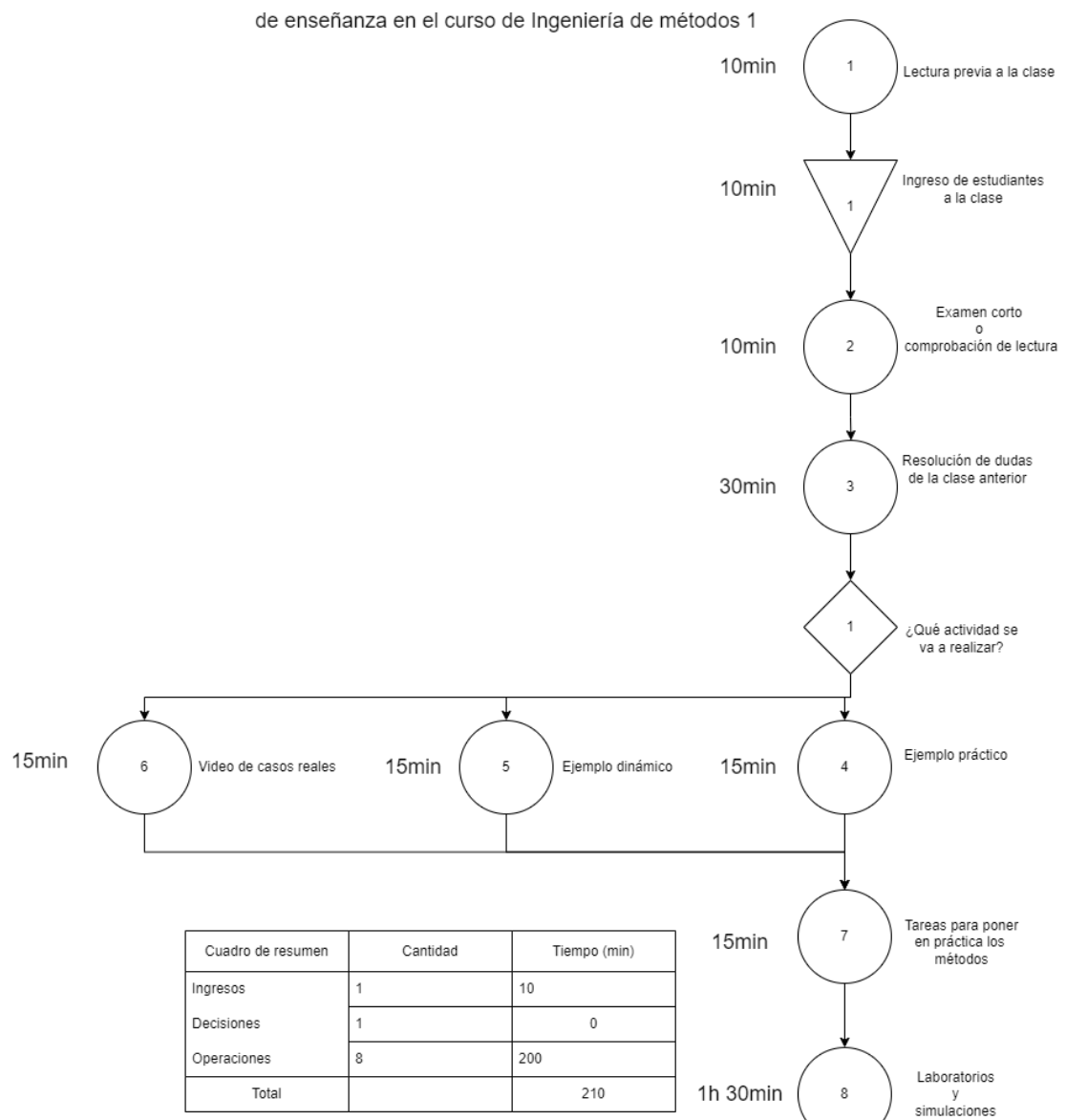
**Figura 1. DOP Real**

**Diagrama del Proceso real de enseñanza en Ingeniería de Métodos 1**



	Cantidad	Tiempo (min)
Ingresos	1	10
Operaciones	5	192
Total		202

**Figura 2.** DOP del Proceso de enseñanza según el programa de iniciativa académica del curso de Ingeniería de Métodos 1



Luego de la diagramación pareciera que la catedrática 2 utiliza menos tiempo que el programa de iniciativa académica a pesar de incluir casi todos los elementos del proceso sugerido por la universidad. La causa de esto podría ser que no se realiza un examen corto como tal. Durante la entrevista se le preguntó a la catedrática 2, la razón de esto a lo que contestó que es más fácil identificar quiénes sí están entendiendo el tema, al hacer preguntas

durante la clase. Además de que en el examen pueden copiar u obtener la respuesta de diferentes maneras, especialmente virtual.

## 5.2. Estudiantes

La determinación de la cantidad de estudiantes necesarios para que la cantidad de respuestas fueran estadísticamente significativas era necesario calcular el tamaño de muestra acorde a la población. La cual, en este caso, era una población finita. Los datos poblacionales para calcular las muestras fueron proporcionados por el departamento de Ingeniería Industrial el 29 de septiembre de 2022. Calculado con la Ecuación 1. Cálculo de muestra con población finita. Para el cálculo de error muestral se utilizó la Ecuación 2. Cálculo de error muestral. Los resultados de estos cálculos se pueden ver en la Tabla 2.

Fue necesario encuestar a los alumnos que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, para saber qué se puede mejorar del curso, qué a su percepción hizo falta y/o qué se debería incluir o excluir. Por otro lado, también fue necesario encuestar a los alumnos que aún no aprueban el curso o lo reciben, esto para saber qué ideas previas pueden tener al respecto.

### **Ecuación 1.** *Cálculo de muestra con población finita*

$$n = \frac{N * Z_{2\alpha} * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{2\alpha} * p * q}$$

### **Ecuación 2.** *Cálculo de error muestral*

$$e = \sqrt{\left(\frac{pqz^2}{n}\right) \left(\frac{N-n}{N-1}\right)}$$

**Tabla 3.** Población, Tamaño de muestra y error muestral

	Población Finita	Muestra	Error
Estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1	219	79	9%
Estudiantes que no han aprobado el curso de Ing. de Métodos 1	142	95	6%

Fueron necesarias 3 fases en la recolección de respuestas, debido a la falta de participación de los alumnos.

La primera fase estuvo a cargo de los catedráticos del departamento quienes facilitaron la encuesta en la plataforma “canvas” a los estudiantes. De igual manera, a través del departamento de Ingeniería Industrial, se les envió por correo electrónico.

Como segunda fase se les proporcionó un incentivo positivo a quienes respondieran la encuesta. Para esto fue necesario solicitar una mesa, en la plaza Isabel Gutiérrez de Bosh, durante 5 días hábiles, aproximadamente de 10:00am a 8:00pm entregando una gomita a quienes respondieran la encuesta y a quienes llevaran a estudiantes que cumplieran con el perfil del público objetivo.

Para la tercera fase, se respondieron las encuestas durante clase. Fue necesario asistir en los horarios correspondientes a cada una de las clases, para solicitar a los estudiantes responder la encuesta y destinar 15 min de la clase a la respuesta de esta.

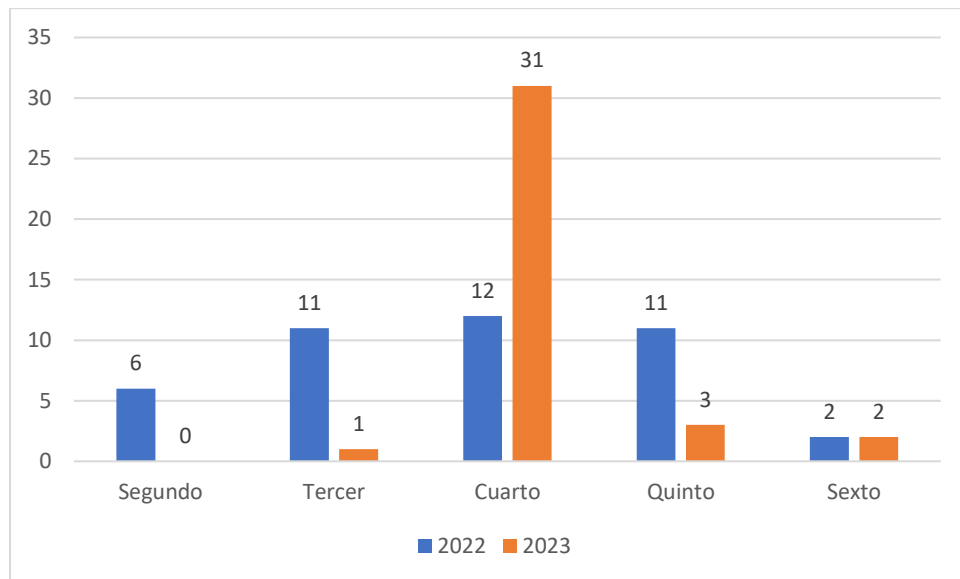
### **5.2.1. Encuesta a alumnos que ya cursaron Ingeniería de métodos 1**

Con el fin de obtener una muestra significativa, en las encuestas, con un margen de error menor al 10% fueron necesarias tres fases de búsqueda de respuestas. La población sería de 219 alumnos que ya llevaron el curso de Ingeniería de Métodos 1, así que para que la muestra sea significativa con un error del 10% y un nivel de confianza del 95% eran

necesarias 67 personas. Al terminar las 3 fases, fueron 79 personas quienes respondieron esta encuesta, lo que representa un error del 9%.

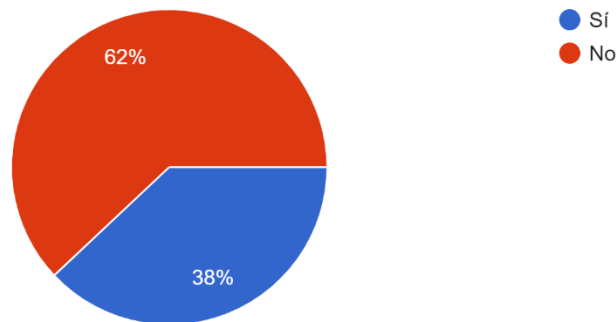
En la Figura 3. Año que cursan los encuestados al momento de responder se puede ver la distribución de los 79 alumnos que ya habían aprobado el curso. De los cuales se encuestaron aprobaron el curso durante 2022 y 2023. En 2022 había: seis alumnos en segundo año, once en tercer año, doce en cuarto año, once en quinto año, y dos en sexto año. Los 37 encuestados en el año 2023 están compuestos por: un estudiante de tercer año, treinta y uno de cuarto, tres de quinto, y dos de sexto.

**Figura 3.** Año que cursan los encuestados al momento de responder

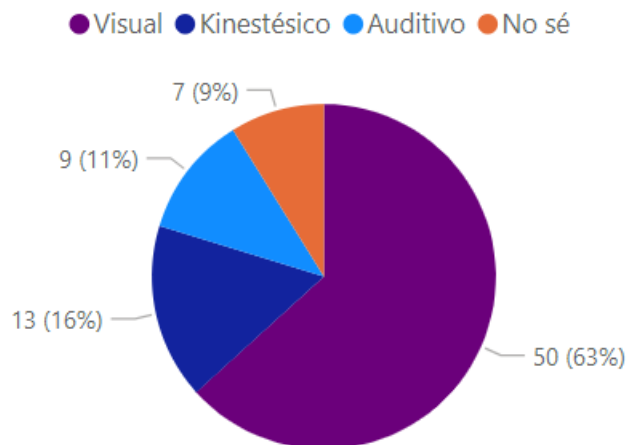


Para los alumnos que ya aprobaron el curso, se les pidió responder la “Encuesta 1”. En ésta se les pregunta a los alumnos sobre la forma en la que recibieron el curso, sus hábitos de estudio, su forma de aprendizaje y las mejoras que consideran importantes al momento de impartir el curso. De esta encuesta se destacan algunas de las preguntas comenzando con:

**Figura 4.** Cambio en la forma en la que se enseña el tema de Diseño de área de trabajo



**Figura 5.** Tipo de aprendizaje

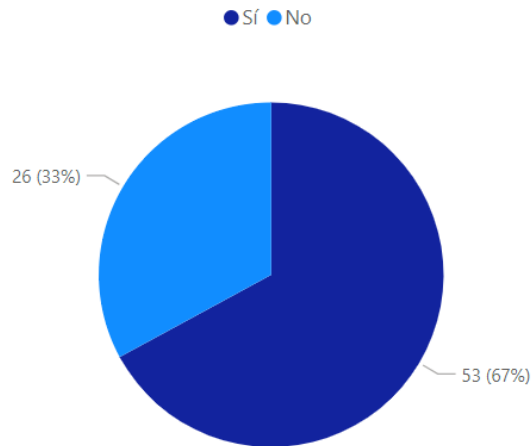


El 62% de los alumnos que ya han pasado el curso de Ingeniería de Métodos 1, como se ve en la “**Figura 4.** Cambio en la forma en la que se enseña el tema de Diseño de área de trabajo”, reportan que no cambiarían la forma en la que se enseña el curso. Lo más importante a destacar de este porcentaje, es que es parecido al porcentaje de alumnos que poseen un tipo de aprendizaje visual (Figura 5). Este porcentaje también es muy cercano al de los estudiantes que consideran que las clases magistrales son la mejor forma de enseñar, visible en la Figura 6.

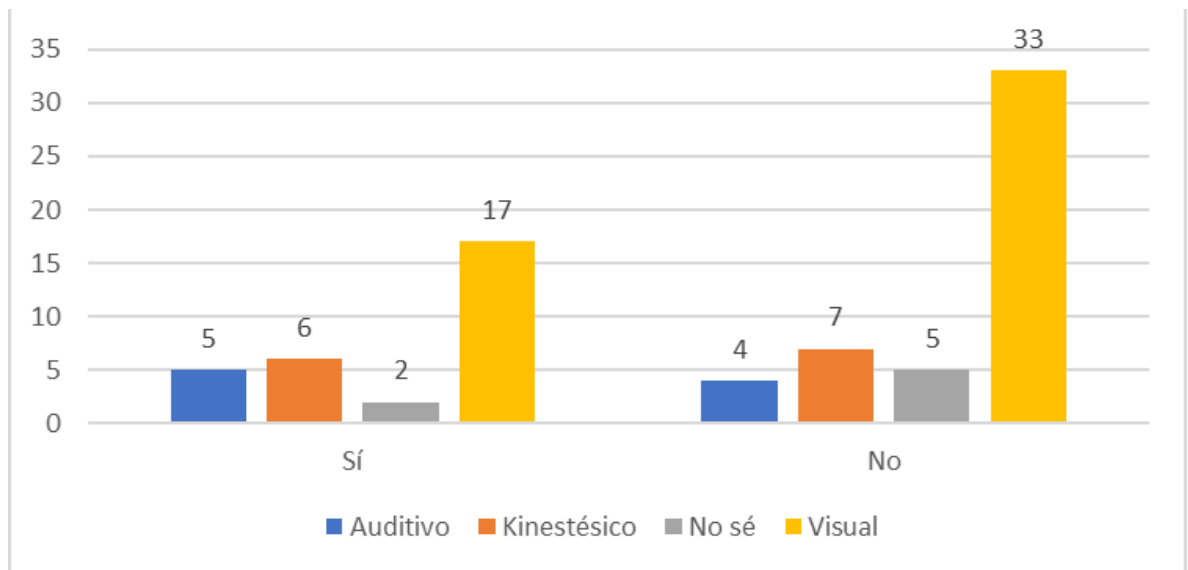
Existe, al menos, un 36% de estudiantes cuyas necesidades no están siendo cubiertas. Esto evidencia que el método de aprendizaje no les permite aprovechar al máximo las clases. En la Figura 7. Respuestas según el tipo de aprendizaje y si harían un cambio en la

enseñanza se puede ver la cantidad de alumnos que desea o no realizar cambios, según su forma de aprendizaje.

**Figura 6. Clases magistrales**



**Figura 7. Respuestas según el tipo de aprendizaje y si harían un cambio en la enseñanza**

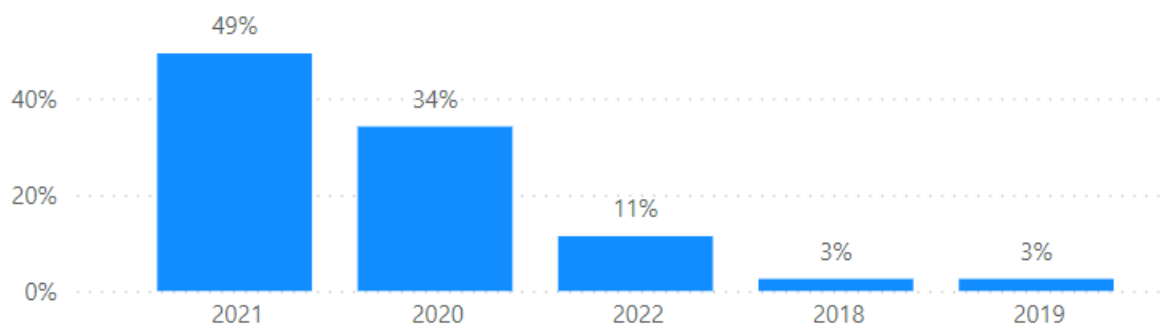


En el caso de los alumnos que respondieron que sí harían cambios en la clase de Ingeniería de métodos, era necesario saber qué harían, por lo que en la encuesta se configuró una pregunta abierta para que pudieran expresar todas las mejoras que les gustaría. Para realizar el análisis de esa pregunta, se clasificaron las respuestas en 2 temáticas. Como se puede ver en la Figura 9, la primera son laboratorios, prácticas o

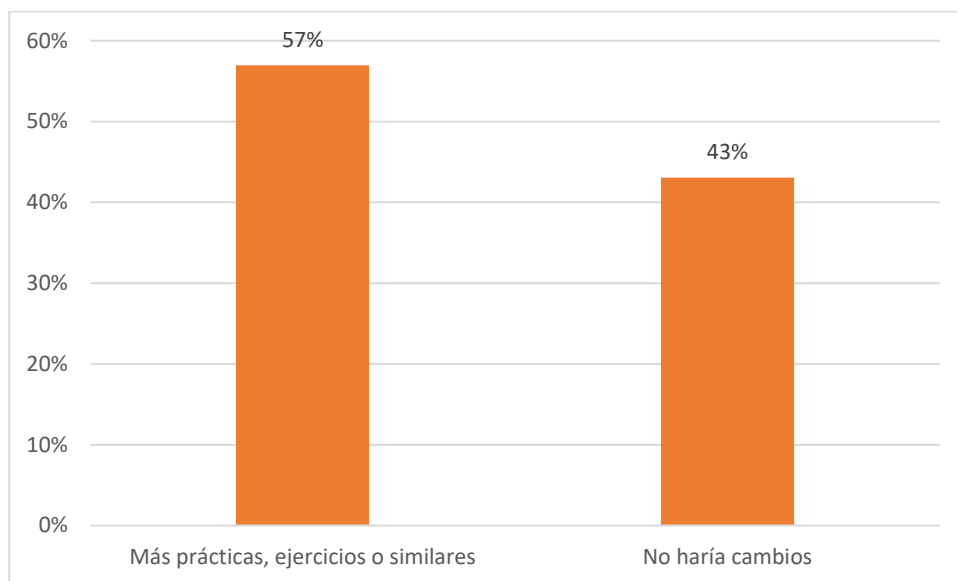
ejercicios que permitan al alumno experimentar de forma más vívida los temas vistos en clase. Esta temática corresponde al 57% de los encuestados, el otro 43% corresponde a la segunda temática, que son quienes no harían cambios.

Acorde a la Figura 8, los años 2020 y 2021 es cuando la mayoría de quienes respondieron la encuesta recibieron el curso. Dados los acontecimientos de esos 2 años, existe un deseo por recibir más prácticas.

**Figura 8. Año de recepción del curso**



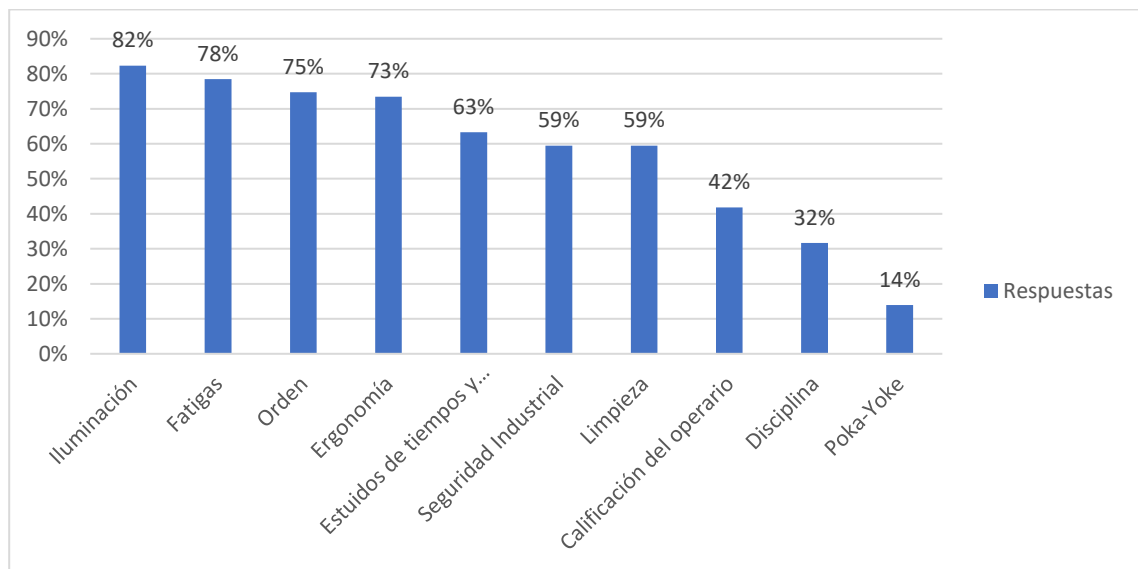
**Figura 9. Mejoras que quisieran hacer en la enseñanza**



Con el fin de comprobar los conocimientos de los encuestados, se les solicitó que marcaran todos los temas que, según lo que aprendieron, deberían ser incluidos en el diseño de áreas de trabajo. Como resultado se encontró que tan solo el 14% de los encuestados

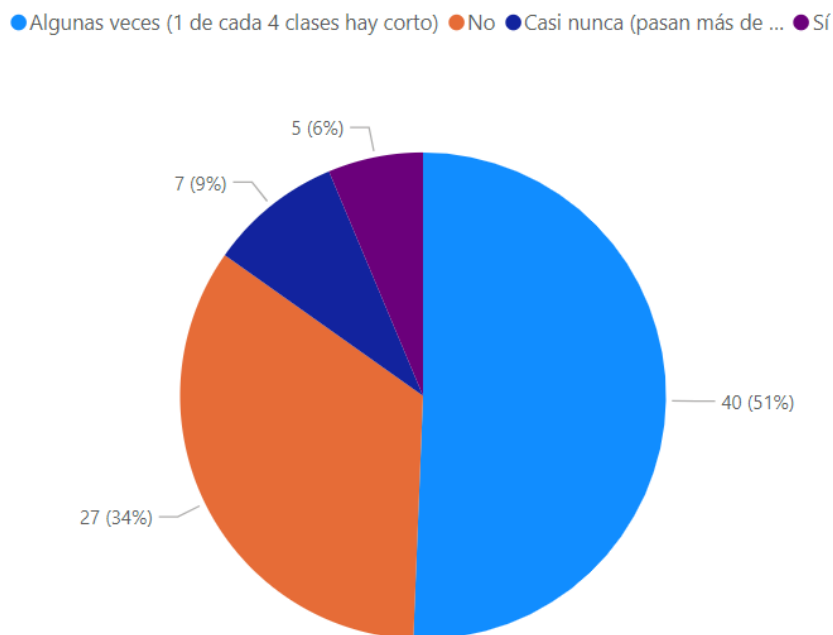
incluyeron Poka-Yoke en el diseño de áreas de trabajo, como se puede ver en la Figura 10. Selección de temas que se incluyen en el Diseño de área de Trabajo. Y únicamente 2 personas marcaron todas las respuestas correctas. De acuerdo con la cantidad de respuestas en blanco, por persona hay un promedio de 4.2 y lo más frecuente es encontrar 5 respuestas en blanco. Esto indica que los alumnos no están vinculando los temas de las demás clases junto con la de Ing. De Métodos.

**Figura 10.** Selección de temas que se incluyen en el Diseño de área de Trabajo



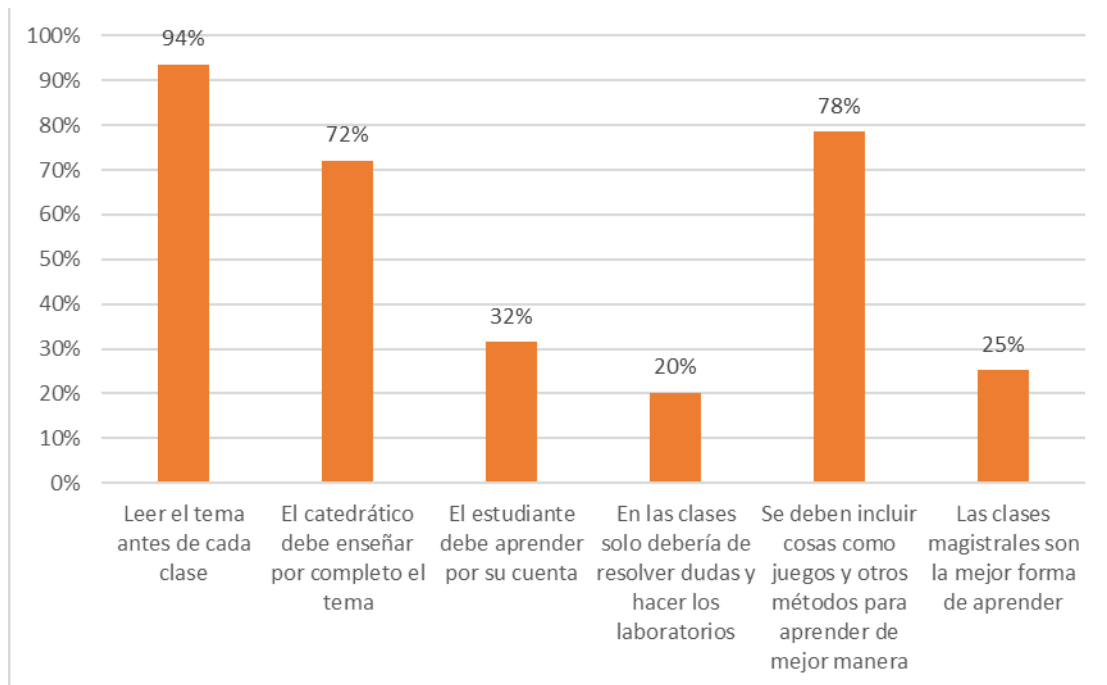
Según la metodología de las clases en el programa de iniciativa académica, como se remarca en la **Figura 2**. DOP del Proceso de enseñanza según el programa de iniciativa académica del curso de Ingeniería de Métodos 1, los estudiantes deben leer antes de clase y tener una comprobación de estas lecturas. Sin embargo, solo el 36.7% de los encuestados (Figura 11) realizan la lectura de los temas antes de entrar a clase. Esto se puede deber a que el 93.7% de los encuestados indican que ésta parte la metodología propuesta no se cumple o se cumple parcialmente. Ese porcentaje está compuesto por: no tener comprobaciones (34.2%), una comprobación en el período de una a tres clases (50.6%) o que pasan más de 4 clases sin una comprobación (8.9%).

**Figura 11. Frecuencia de comprobaciones de lectura**



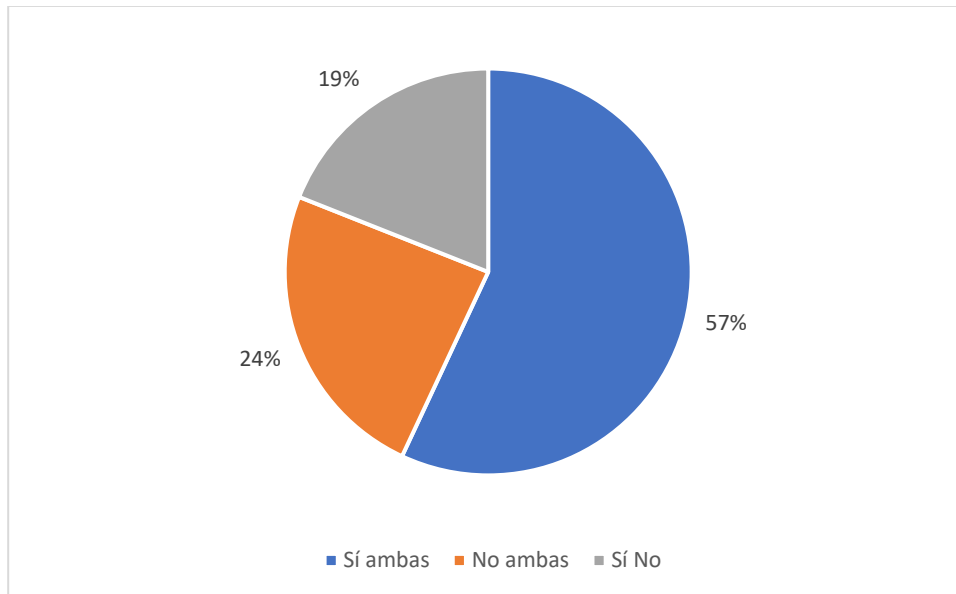
A pesar de que el 93.67% de los estudiantes encuestados, están conscientes de que deberían de leer los temas antes de la clase, el 63.3% reconoce no leer los temas antes de cada clase, el 78.48% de los estudiantes percibe que deberían ser necesarias diferentes técnicas de enseñanza; entre ellas la gamificación como se muestra en la Figura 12. Percepción estudiantil de la metodología ideal.

**Figura 12. Percepción estudiantil de la metodología ideal**

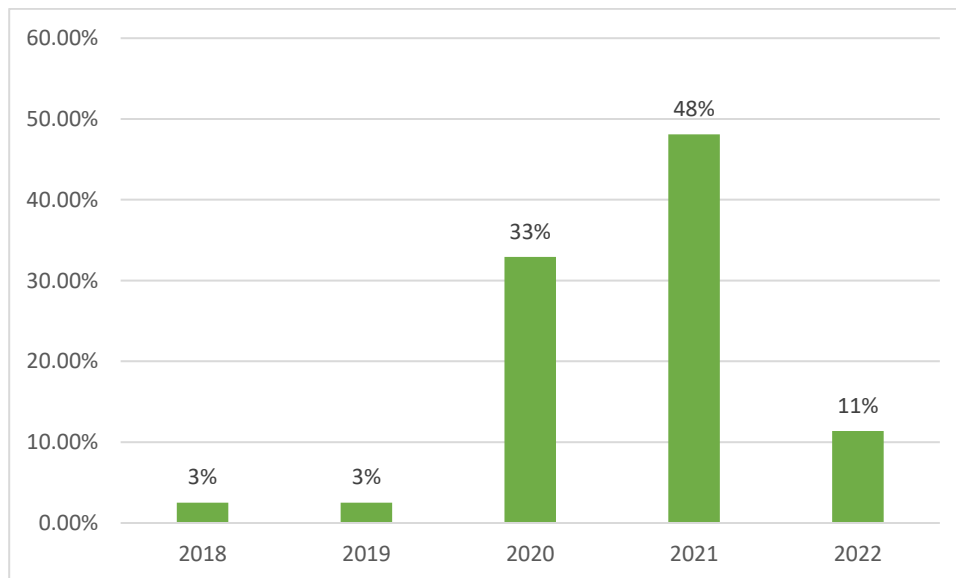


Aunque el 75.95% de los alumnos encuestados respondió afirmativamente, cuando se les preguntó si conocían el laboratorio de realidad virtual, existe un 18.99% que no ha usado la realidad virtual. A esto se le debe agregar el 24.05% de estudiantes que no conocen el laboratorio, ni han usado la realidad virtual a pesar de ya haber pasado el curso de Ingeniería de Métodos 1. A su vez, esto se puede explicar a que el 82% de los encuestados recibieron el curso, coincidentemente con la pandemia del COVID-19, el cierre del país y la suspensión de clases presenciales por parte de la Universidad del Valle de Guatemala.

**Figura 13.** *Uso de la realidad virtual y conocimiento del laboratorio*



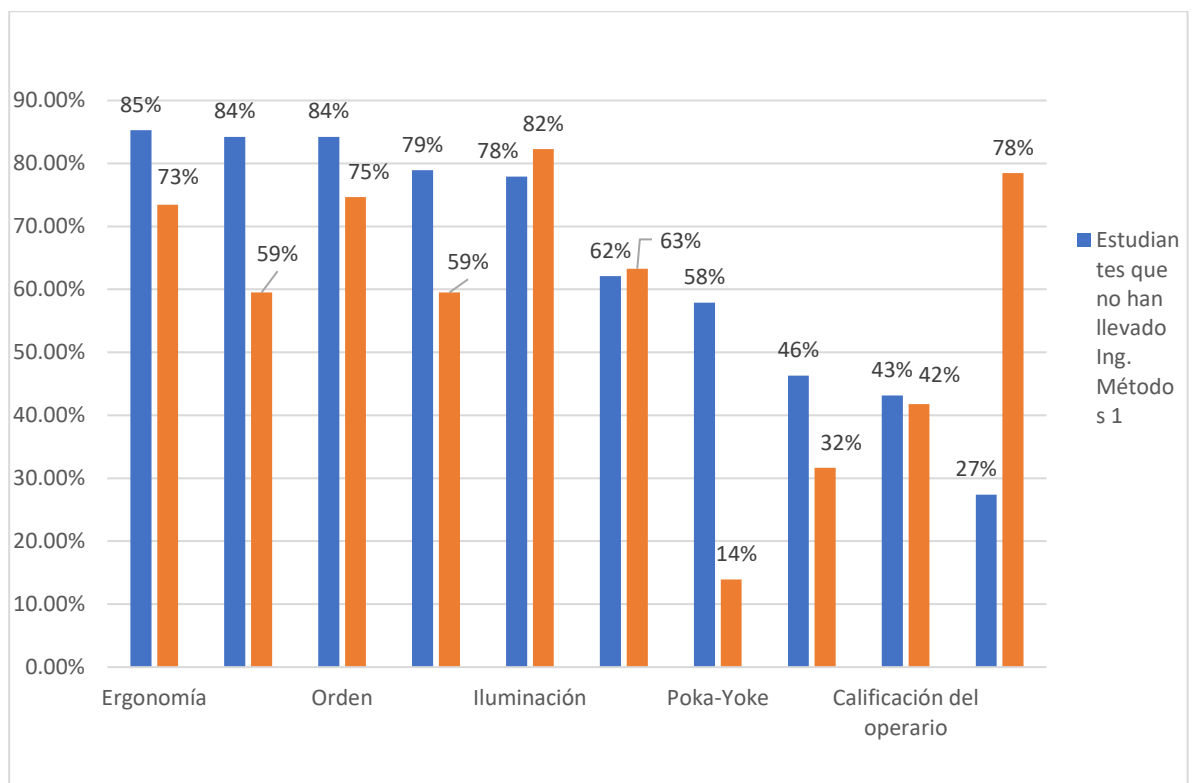
**Figura 14.** *Año de aprobación del curso*



El 81.1% de los estudiantes, que ya habían aprobado el curso de Ing. de Métodos 1 recibieron su formación durante los años 2020 y 2021 años en los que la población fue encerrada o con movilidad restringida. Eso puede explicar la necesidad de los estudiantes de incluir más ejercicios prácticos, como medida para mejorar la experiencia y aprendizaje en el curso.

La Figura 15 compara las respuestas entre los estudiantes que ya aprobaron el curso de Ingeniería de Métodos 1, con las respuestas de los estudiantes que no han pasado por el curso. Siendo que la mayoría de quienes respondieron, estaban entre tercer y quinto año se esperaba cierta vinculación o complementación de los temas vistos en otras asignaturas o cual pareciera no suceder. Los resultados de las respuestas de ergonomía y de Poka-Yoke, por parte de los alumnos que no han llevado el curso, podría descartarse debido a la necesidad de explicar el concepto puede existir un sesgo en la respuesta. Esta falta de síntesis podría deberse a que los estudiantes no tienen la “necesidad” de combinar lo aprendido en las otras materias, como ocurre con otros cursos dentro de la carrera, como lo es Ing. de Plantas.

**Figura 15.** Comparación respuestas Diseño de Área de Trabajo



### 5.2.2. Encuesta a los estudiantes que aún no han cursado Ingeniería de Métodos 1

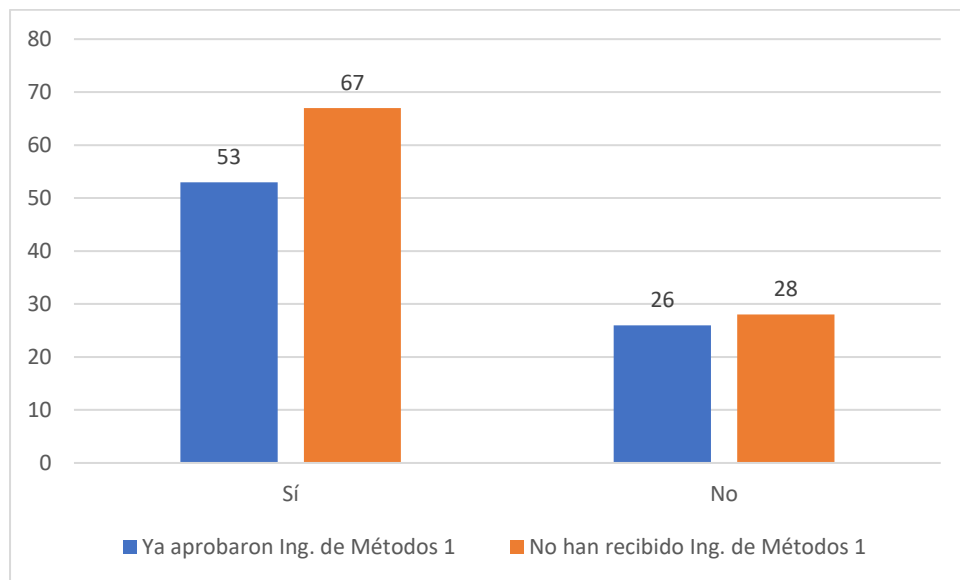
La población de estudiantes que no han llevado el curso de Ingeniería de métodos era de 142 personas, por lo que la muestra significativa con un error del 10% y un nivel de

confianza del 95% es de 58 personas. Estos datos también fueron proporcionados por el departamento de Ing. Industrial, durante el segundo semestre de 2022. La “Encuesta 2” **Figura 71**, fue para los estudiantes que aún no han llevado el curso, para conocer sus ideas preconcebidas sobre el tema de “diseño de área de trabajo”, así como parte de sus métodos de estudio y si conocen algunos de los recursos disponibles en la universidad. La recolección de respuestas a esta encuesta se realizó al mismo tiempo que con la “Encuesta 1”.

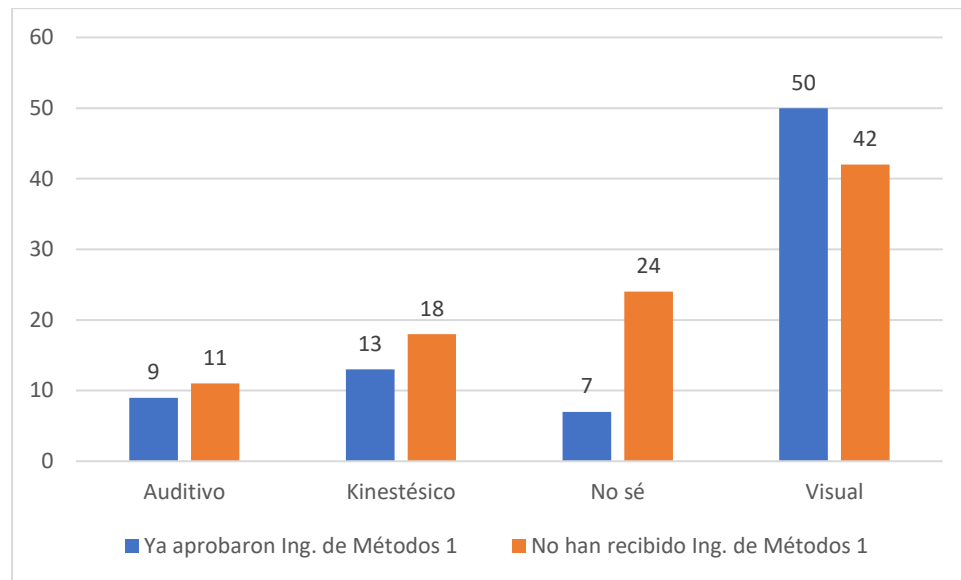
Después de completar las tres etapas de solicitud de respuestas, se recopilaron 95 respuestas. Esta muestra es significativa, con un 6% de error y un nivel de confianza del 95%.

Se puede ver en Figura 16. Percepción de las clases magistrales, que de los 95 participantes, 67 consideran a las clases magistrales como la forma más efectiva de aprender. Sin embargo, es importante destacar que 60 de los participantes se encuentran entre el primer y segundo año de universidad. Por lo que la familiaridad con este modelo de aprendizaje podría ser la razón de su preferencia.

**Figura 16.** *Percepción de las clases magistrales*



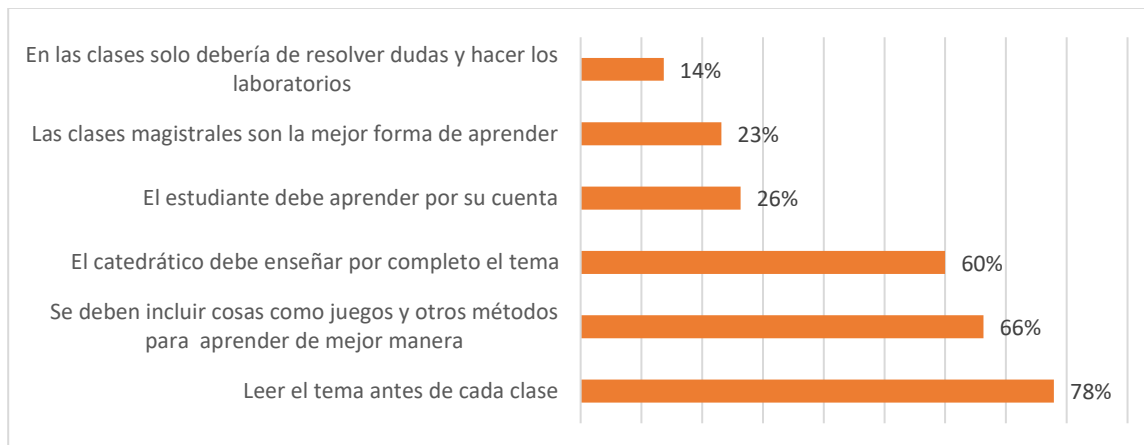
**Figura 17.** Alumnos que aprobaron o no el curso de Ing. de Métodos 1 según su tipo de aprendizaje



El 66.32% de los estudiantes (Figura 18. Percepción de la metodología idea) percibe que deberían ser necesarias diferentes técnicas de enseñanza; entre ellas la gamificación. Por lo que la utilización, por ejemplo, de una aplicación de realidad virtual que les permita jugar y aprender podría tener resultados positivos en su recibimiento, y en el aprendizaje de los alumnos.

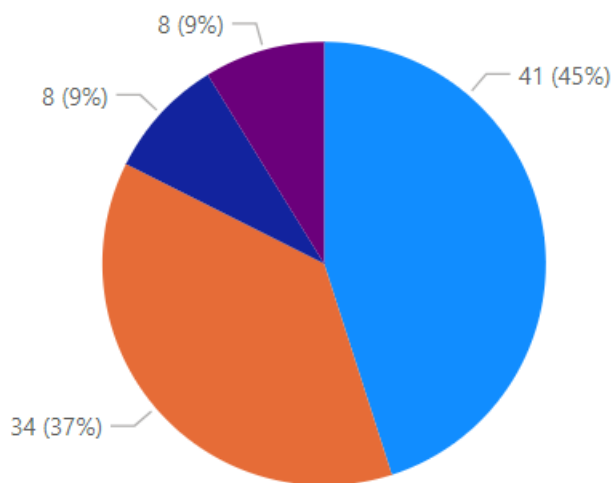
Junto con esto del 39.6% que afirma leer los temas antes de clase, a tan solo el 8% de ellos se les realiza una comprobación en cada clase, otro 8% pasan más de 4 clases para realizar una comprobación y el 45.1% realiza la comprobación entre 1 y 4 clases. Acorde a la Figura 19. Frecuencia de las comprobaciones de lectura. Dado un posible aumento en el interés, que el uso de la aplicación podría generar, los alumnos podrían no necesitar de un incentivo negativo para leer antes de la clase.

**Figura 18.** *Percepción de la metodología idea*

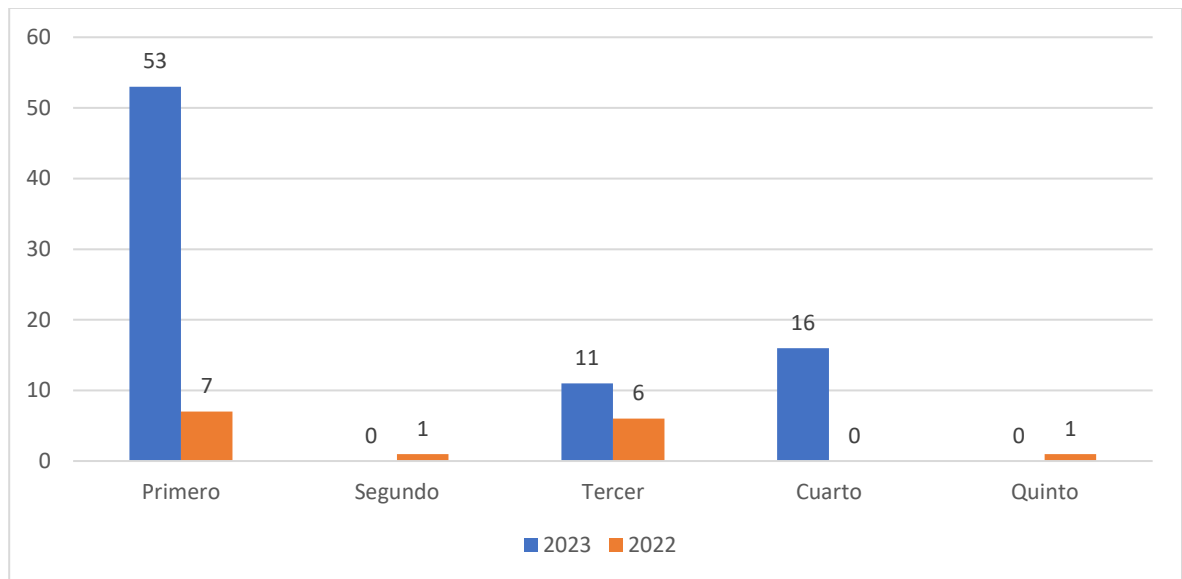


**Figura 19.** *Frecuencia de las comprobaciones de lectura*

● Algunas veces (1 de cada 4... ● No ● Casi nunca (pasan ... ● Sí



**Figura 20.** Año que cursan los encuestados



En resumen, los alumnos necesitan más actividades prácticas, así como diferentes formas de aprender que se adaptan a su tipo de aprendizaje. Junto con esto, los catedráticos necesitan que los alumnos se interesen por los temas que imparten y mejorar la retención de información de éstos, y que los alumnos puedan visualizar correctamente los procesos que simulan como práctica, así como el hecho de que esa pequeña simulación que se realiza en clase es en realidad el trabajo de 8h al día de una persona. A su vez, ver los beneficios y todo lo que se debe incluir en un diseño adecuada del área de trabajo como seguridad, comodidad, alta productividad, limpieza, disciplina, orden, entre otros.

### **5.3. Selección de proceso a simular**

Antes de decidir qué proceso se utilizaría en la simulación, o incluso comenzar el proceso de selección, se sabía que dentro de la aplicación se debían incluir ciertos temas en específico, además de incluir las recomendaciones de los alumnos.

Previo a comenzar con el desarrollo de la aplicación era necesario definir la actividad a simular, cómo se iban a integrar todos los temas que conlleva el diseño de área de trabajo. Así que se buscó un proceso que fuera familiar para los estudiantes, pero que a su vez tuviera cierta complejidad técnica, en lo que a operaciones se refiere. El proceso no podía ser lineal, debía tener subensambles, no debía durar más de 5 min, su visualización física

también debería ser accesible. Luego de días de observación para diferentes procesos “cotidianos” se llegó a la conclusión de que la realización de un shuco<sup>1</sup> era la mejor opción.

Los shucos llevan al menos 70 años en la historia de los guatemaltecos de la ciudad capital. Los guatemaltecos han crecido con este “platillo típico” de la gastronomía urbana. (Meoño Artiga, 2008) Además, este proceso no solo cumple con los requisitos presentados, sino que permite una ampliación en el estudio al agregar más variables para mejorar su simulación como: tasas de abandono, llegada de los clientes, manejo de inventario, pedidos al proveedor y la personalización de cada pedido de los clientes. Adicionalmente, cada shuquero<sup>2</sup> tiene su propia forma de hacer las cosas, usualmente proveniente de su experiencia, no hay un estándar de cómo hacer shucos. Según la complejidad de este o incluso solo por el criterio del shuquero, la forma de realizarlo o los ingredientes pueden cambiar. Dada las variantes tanto en técnica como en ingredientes y la calidad de estos, el estudio se realizó únicamente con el shuquero cercano a la Universidad del Valle de Guatemala, sobre la 18 avenida de la zona 15, Vista Hermosa 3.

La forma en la que se preparan los shucos es un sistema híbrido, ya que la realización de este comienza hasta que el cliente lo solicita, sin embargo, todas las materias primas deben estar almacenadas y disponibles para realizarlo. Es un proceso de ensamble y conversión con un flujo de taller de trabajo, esto debido a que cada unidad realizada es personalizada según el cliente. Este incluye únicamente los embutidos que el cliente desea, así como la cantidad y el tipo de aderezos solicitados, incluso en ocasiones a solicitud del pueden no agregarse a la preparación algunos de los ingredientes como: el guacamol<sup>3</sup> y el repollo cocido. Estos se consideran recursos limitados ya que solo se puede preparar cierta cantidad al día. Para este estudio no se incluyó la preparación del repollo y el guacamol ya que estos no se preparan cada vez que se realiza un shuco.

---

<sup>1</sup> Tipo de hot dog muy común en la ciudad de Guatemala. El pan es salado; el repollo solo es hervido; incluye uno o más embutidos (salchicha, chorizo, longaniza, salami, tocino, carne adobada y/o carne de res) según la disponibilidad del local, guacamol, junto con los aderezos (mayonesa, ketchup, mostaza y/o picante). Según el local estudiado en este trabajo se incluye: mantequilla de ajo, chimichurri y cebolla picada. Este se prepara a la parrilla, se dora el pan, los embutidos y se agregan con los demás elementos.

<sup>2</sup> Persona que se dedica, como oficio, a la realización y venta de shucos

<sup>3</sup> Preparación a base de aguacate, con sal, limón, cebolla, perejil y orégano a discreción de quien lo prepara. Una práctica común es agregarle mayonesa para evitar el proceso de oxidación.

Los resultados de las observaciones se pueden ver en la Figura 23. Tiempo estándar de la preparación de un shuco Para saber cuánto se tarda el shuquero en la preparación, así como en cada operación, se realizó un estudio para obtener los tiempos de cada tarea y replicarlas en un ambiente virtual. Las observaciones se realizaron en diferentes horarios; una entre 12:00 y 1:00 p.m. y otra a las 3:00 p.m.

El tiempo observado y el estimado fueron calculados con el software de Protime Estimation (Figura 21 y 22). Cada uno de estos, tiene un análisis diferente, pero el objetivo era conseguir resultados similares. En el caso del tiempo observado, se crearon las tareas y se reprodujo el video, durante él se deben seleccionar la tareas correspondientes al momento. Por otro lado, en los tiempos estimados, a cada tarea de las que se definen se les debe asignar los movimientos predeterminados correspondientes.

**Figura 21. Tareas del tiempo observado**

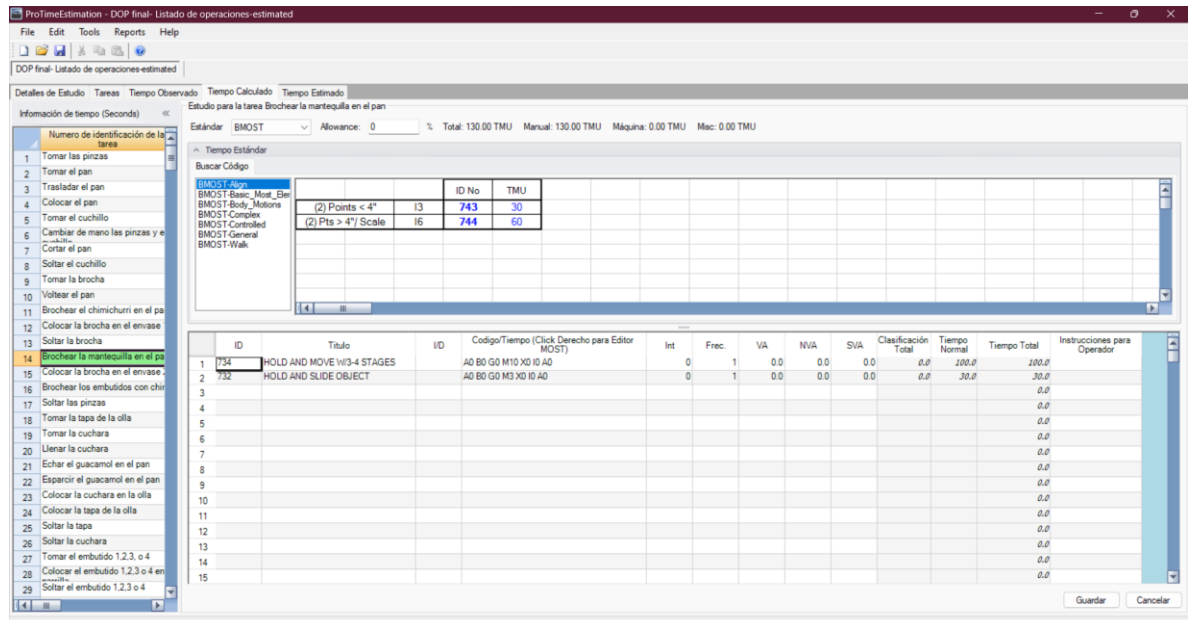
The screenshot displays the ProTimeEstimation software interface. On the left, a video player shows a person in a kitchen setting. The main area contains two tables:

Orden	Identificación	Desc	Clasificación	Iniciar	Fin	Ignorar tiempo	TD	T.N	Operador	
1	1	Tomar las porras		120	0:00	3:31	3:25	0.66	0.79	Operator
2	2	Tiempo Muerto		120	3:31	8:21	0.00	4.30	5.10	Operator
3	3	Tomar el pan		120	8:21	8:82	0.00	0.67	0.73	Operator
4	4	Trasladar el pan		120	8:82	10:45	0.00	1.63	1.95	Operator
5	5	Colocar el pan		120	10:45	11:11	0.00	0.66	0.73	Operator
6	6	Cambiar de mano		120	10:03	10:41	0.00	0.39	0.46	Operator
7	7	Tomar el cuchillo		120	10:41	10:80	0.00	0.39	0.46	Operator
8	8	Cortar el pan		120	10:80	11:19	0.00	0.39	0.47	Operator
9	9	Cortar el pan		120	11:19	12:16	0.00	0.96	1.15	Operator
10	10	Cortar el pan		120	12:16	13:00	0.00	0.85	1.02	Operator
11	11	Tomar el pan		120	13:00	14:11	0.00	1.11	1.33	Operator
12	12	Cortar el pan		120	14:11	15:11	0.00	0.99	1.19	Operator

Orden	Identificación	Status	Descr.	Índice de la tarea	Video	VA	NVA
1	1	Incomplete	Tomar las porras	1	GH010035.MP4 (Tiempo: 0:00 - 3:31)	0.00	0.00
2	2	Incomplete	Tomar el pan	2	GH010035.MP4 (Tiempo: 8:21 - 8:82)	0.00	0.00
3	3	Incomplete	Trasladar el pan	3	GH010035.MP4 (Tiempo: 8:82 - 10:45)	0.00	1.00
4	4	Incomplete	Colocar el pan	4	GH010035.MP4 (Tiempo: 10:45 - 11:11)	0.00	0.00
5	5	Incomplete	Tomar el pan	5	GH010035.MP4 (Tiempo: 10:41 - 10:80)	0.00	0.00
6	6	Incomplete	Cambiar de mano	6	GH010035.MP4 (Tiempo: 10:03 - 10:41)	0.00	0.00
7	7	Incomplete	Cortar el pan	7	GH010035.MP4 (Tiempo: 10:80 - 11:19)	1.20	0.00
8	8	Incomplete	Cortar el pan	8	GH010035.MP4 (Tiempo: 21:33 - 21:59)	0.00	0.00
9	9	Incomplete	Tomar el pan	9	GH010035.MP4 (Tiempo: 47:39 - 49:21)	0.00	0.00
10	10	Incomplete	Cortar el pan	10	GH010035.MP4 (Tiempo: 85:81 - 86:58)	1.00	0.00

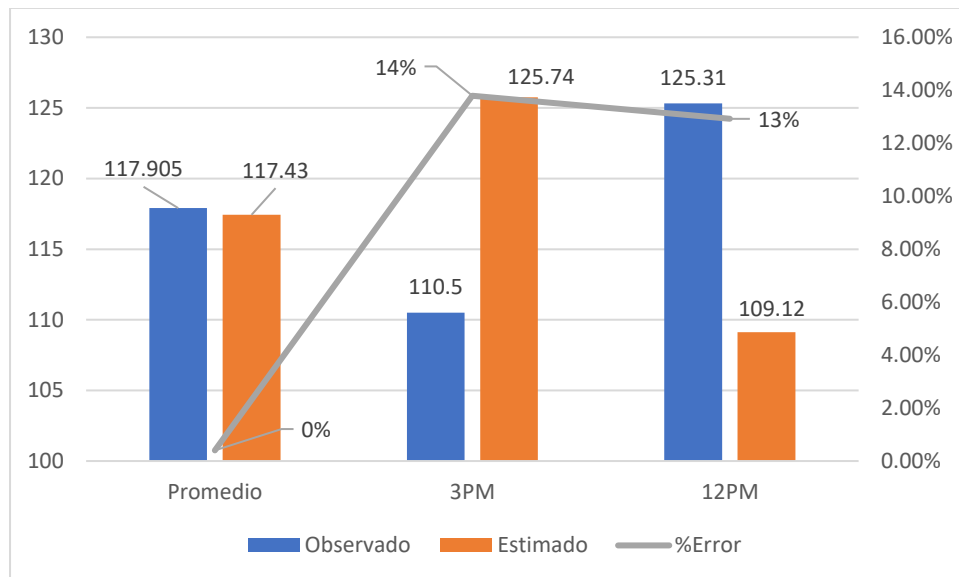
**Figura 22. Asignación de tiempos predeterminados en Protime Estimation**



En el periodo de mayor afluencia, entre las 12:00 y la 1:00 pm, el shuquero enfrenta la presión de ser altamente eficiente para atender a la gran cantidad de clientes. El tiempo real observado para completar la tarea es mayor al estimado. En contraste, a las 3:00 pm, en un momento menos concurrido, a pesar de contar con un tiempo estimado mayor al observado haciendo ver que el shuquero es más eficiente.

En la Figura 23 se ven los resultados de ambos estudios, éstos se promediaron para obtener el tiempo estándar y se calculó el porcentaje de error de cada uno.

**Figura 23.** *Tiempo estándar de la preparación de un shuco*



Este proceso tarda: 123.75s (2.06min) en total según el DOP realizado con los tiempos obtenidos de la revisión del video del proceso. En la Tabla 4. Resumen DOP de un shuco se muestra el resumen del DOP del proceso analizado, para ver el DOP completo ver el numeral Figura 79. DOP de la preparación de un shuco, parte 1 hasta la 8. El tiempo estándar promedio de ambas observaciones es de 117.905s (1.965 min). Además, se utilizó la *Técnica secuencial de operación Maynard MOST* con el fin de ejemplificar el uso de ésta dando como resultado promedio 117.43s (1.957 min), y un 0.4% de error. En ambos casos se utilizó un 23% de holguras (desglose en la Tabla 5. Descripción de las holguras) correspondientes a 6% fatiga básica (se agregó un 2% al porcentaje asignado a un operario que hace trabajo ligero, sentado en buenas condiciones de trabajo, sin demandas especiales sobre sus sistemas motrices o sensoriales debido a que el operario trabaja parado y si existen algunas demandas a sus sistema motriz y sensorial), 5% fatiga personal (necesidades básicas), 12% de fatiga variable (6% de postura anormal por estar parado, 4% por monotonía y 2% por tedio). (Freivalds & Niebel, 2014).

**Tabla 4.** *Resumen DOP de un shuco*

	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (s)</b>
<b>Operaciones</b>	107	122.68
<b>Decisiones</b>	9	0
<b>Transporte</b>	1	1.105
<b>Total</b>		<b>123.785</b>

**Tabla 5.** *Descripción de las holguras*

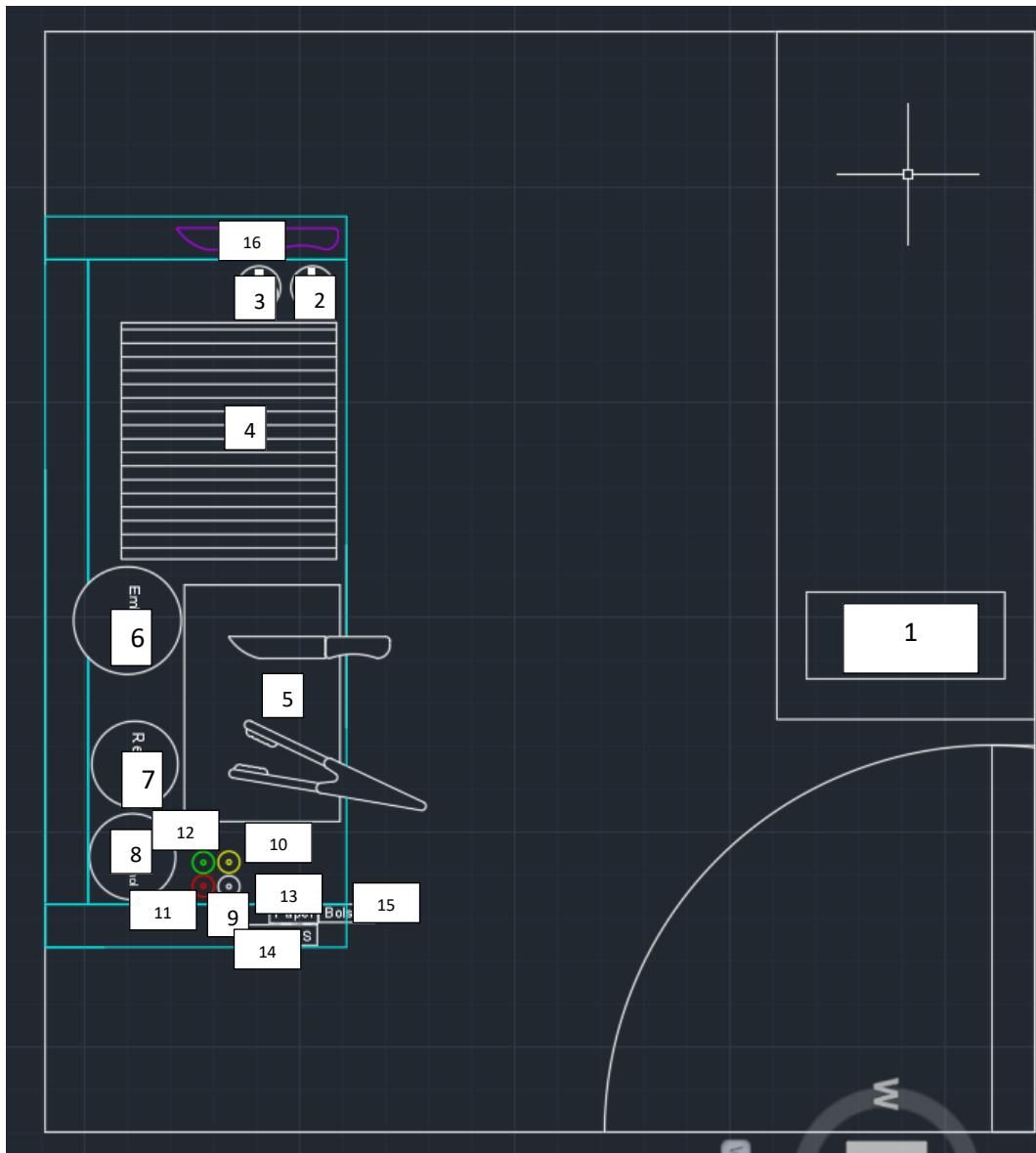
Tipo de holgura	Holgura	Porcentaje
Constante	Fatiga básica	6
Constante	Fatiga personal	5
Variable	Postura anormal	6
Variable	Monotonía	4
Variable	Tedio	2
	Porcentaje total de holgura	23

En la Figura 24 se muestra el área de trabajo actual del shuquero, su espacio disponible y la distribución actual de los elementos. En este diseño actual se encontraron: problemas de contaminación cruzada, riesgo de quemaduras, traslados innecesarios y operaciones complicadas para el shuquero que son evitables. Esto se utilizó como base para realizar el 6.2.1 Diseño propuesto.

La contaminación cruzada se debe a que los elementos crudos y cocinados se manejan con los mismos utensilios y no hay separación entre los diferentes tipos de ingredientes, en este caso: embutidos y pan. Las quemaduras se deben a que la parrilla está en una posición

en la que por error el shuquero podría tener contacto y quemarse. Según el shuquero las operaciones más complicadas es el agregar los aderezos en la cantidad y la selección que el cliente desea.

**Figura 24.** Plano del área de trabajo actual del shuquero



**Figura 25.** Descripción de los diferentes elementos en la Figura 24

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>
1	Pan
2	Chimichurri
3	Mantequilla
4	Parrilla
5	Cuchillo, pinzas, y tabla de picar
6	Olla de guacamol
7	Olla de repollo
8	Plato con embutidos
9	Mayonesa
10	Mostaza
11	Kétchup
12	Picante
13	Papel
14	Servilletas
15	Bandeja
16	Cuchillo para mover el carbón

## **6. Diseño de la aplicación**

A continuación, se describe la aplicación capaz de cumplir con las necesidades de los catedráticos, alumnos y el shuquero. Se cumple con las solicitudes de más actividades prácticas, la inclusión de las otras formas de aprendizaje, mejora la retención de información de los alumnos y los incentiva a leer o aprender más de los temas vistos en clase. Los temas abarcados en esta conceptualización de la aplicación, no son exclusivos del curso de Ing. de Métodos 1, sino que se incluyen temas de cursos superiores por lo que se podría utilizar en más de un curso. Esto permitiría a los alumnos a ver un mismo proceso, durante la carrera, incluyendo nuevos temas y recordando por los que ya pasaron.

### **6.1.Pautas generales**

- La inclusión de las diferentes formas de aprendizaje es de las características más importantes, por lo que: las instrucciones deben ser visibles y de ser posible incluir imágenes, también se debe haber una voz que lea las instrucciones.
- Debe ser posible la gamificación de la experiencia, incluyendo formas de “perder” en la simulación.
- La simulación debe realizarse dentro de los períodos de clase.
- Se deben incluir los temas relevantes para el Diseño de Área de trabajo y para el curso de Ing. de Métodos 1.

### **6.2.Primer fase**

Luego de encontrar las necesidades del alumnado y profesorado, y de encontrar el proceso a simular que cumpliera con las características se comenzó la conceptualización de la experiencia de realidad virtual.

Para la elección de la paleta de colores a utilizar en la aplicación se realizó una investigación para determinar los mejores colores a utilizar. Las tonalidades frías transmiten: sosiego, elegancia y confianza, los tonos cálidos transmiten: pasión, energía, optimismo, y alegría. Para la saturación del color, se optó por tonos sutiles ya que estos generan sensaciones de seguridad y calma (Velasquez-Carrascal, Picón-Angaritud, & Caselles-Hernandez, 2020). Debido a esto se escogieron azul y naranja como los colores

predominantes y se crearon imágenes de los diferentes menús, sus opciones y las vistas de las diferentes pantallas disponibles, con la paleta de colores seleccionada.

Con esto en mente y como se puede ver en la Figura 26. Pantalla de inicio, se comenzó con el diseño de la imagen, en la cual se presentan: el nombre de la simulación, el logo del departamento de Ing. Industrial y el logo de la Universidad del Valle de Guatemala. Luego de que este aparezca unos segundos después se le presenta al usuario la interrogante sobre si desea, o no, realizar el tutorial (Figura 27. Salto del tutorial). Esto por si el usuario ya ha usado la aplicación anteriormente y así no forzarlo a pasar por el tutorial cada vez que se utilice. Se le presentan únicamente los dos botones de selección, con el fin de que no se realicen acciones no determinadas, como lo establece la metodología Poka Yoke. Los botones están identificados con colores: verde y rojo, correspondientes a la opción “Sí” y “No” respectivamente. En las imágenes, el texto está en inglés debido al software utilizado para la Figura 27 , en sus imágenes precargadas están únicamente en inglés y las opciones en español no hacen tan evidente la diferencia entre estos.

**Figura 26.** *Pantalla de inicio*

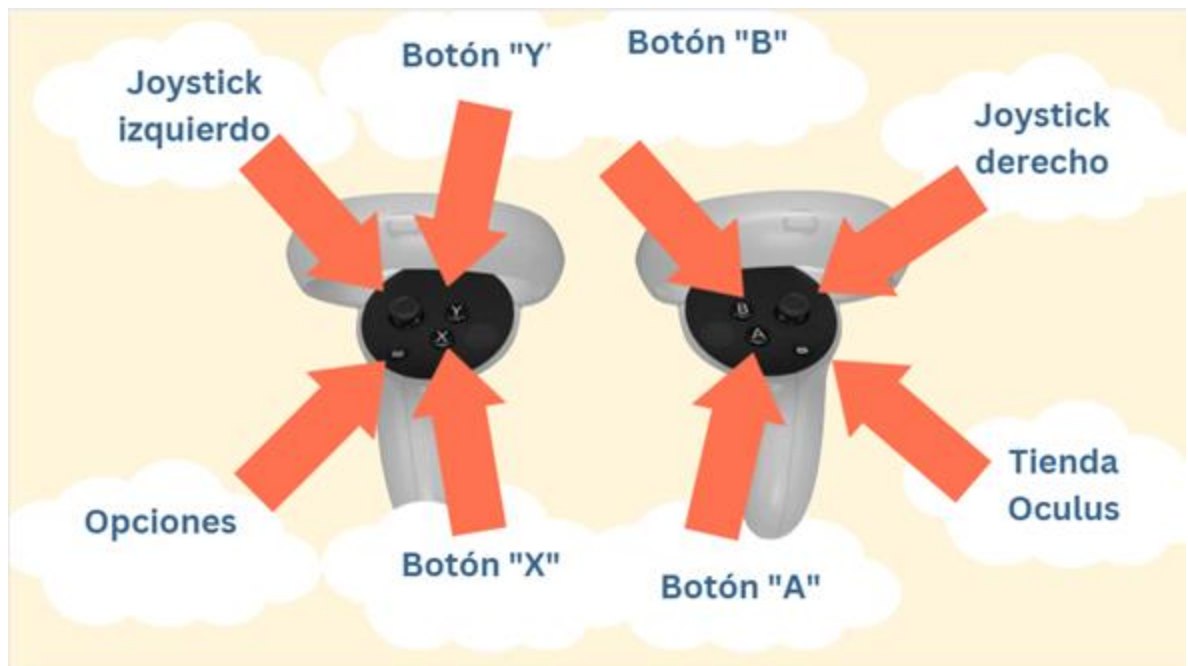


**Figura 27. Salto del tutorial**



Al recibir una respuesta negativa al salto del tutorial, se le muestra al usuario en dónde están ubicados todos los botones disponibles en los controles. En la Figura 28 y la Figura 29 se muestra cómo podría ser el señalamiento. Dentro de la aplicación se le solicita al usuario a usar cada una de las opciones disponibles.

**Figura 28. Señalamiento de controles 1**

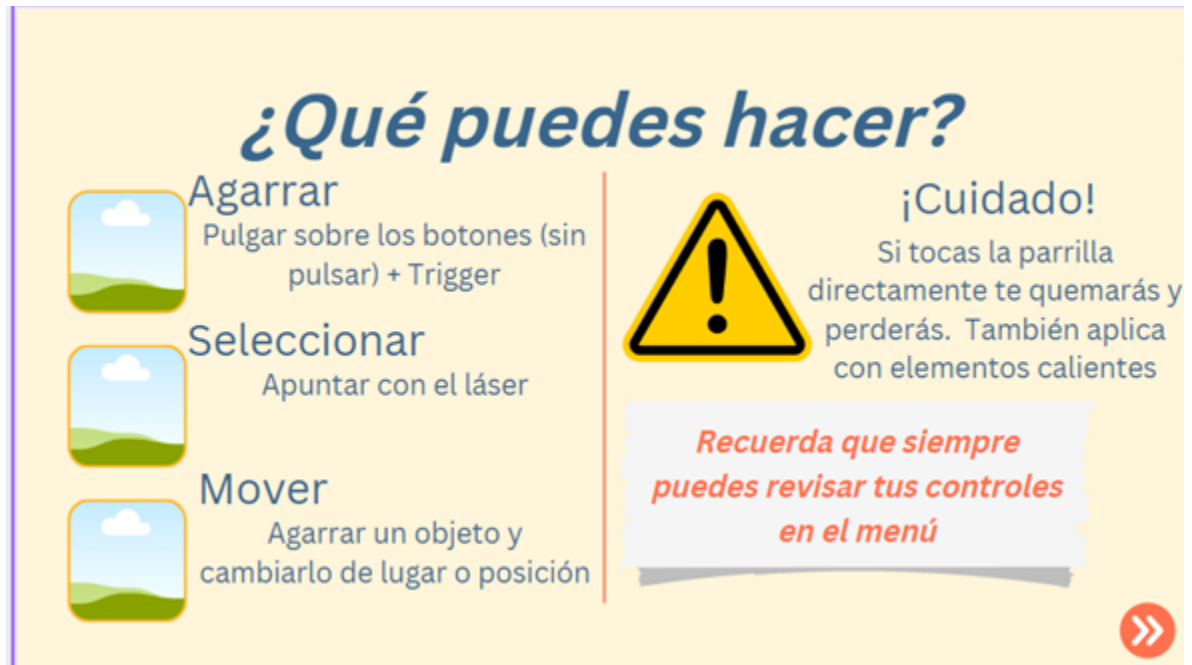


**Figura 29.** Señalamiento de controles 2



Como paso siguiente a que el usuario se haya familiarizado con dónde están los diferentes botones, se le presenta al usuario las acciones que puede realizar con los mandos, junto con una ayuda visual sobre cómo se debería realizar la acción. Esto se ejemplifica en la Figura 30. Explicación de las funciones dentro de la simulación. Además, se le agregan “consejo” o indicaciones adicionales al usuario sobre la jugabilidad.

**Figura 30.** Explicación de las funciones dentro de la simulación



A continuación, en la Figura 31. Prueba de controles, se le indica al usuario que pruebe los controles que se le mostraron, con los diferentes elementos dentro de la simulación. Luego de acomodar todos los elementos, se daría por finalizado el tutorial con la Figura 32. Pantalla de finalización del tutorial

**Figura 31. Prueba de controles**



**Figura 32. Pantalla de finalización del tutorial**



Cuando el usuario no desea repetir el tutorial se procede con la primer simulación. En ésta se deben colocar todos los elementos en el área de trabajo. Como se puede ver en la Figura 33. Preparación de la simulación se le pide al usuario ordenar los elementos según su

criterio para comenzar la preparación de los shucos. En la Figura 34. Opciones de elementos se le muestran al usuario todo lo que debe colocar y ordenar, así al finalizar la colocación se de inicio a la preparación.

**Figura 33.** *Preparación de la simulación*

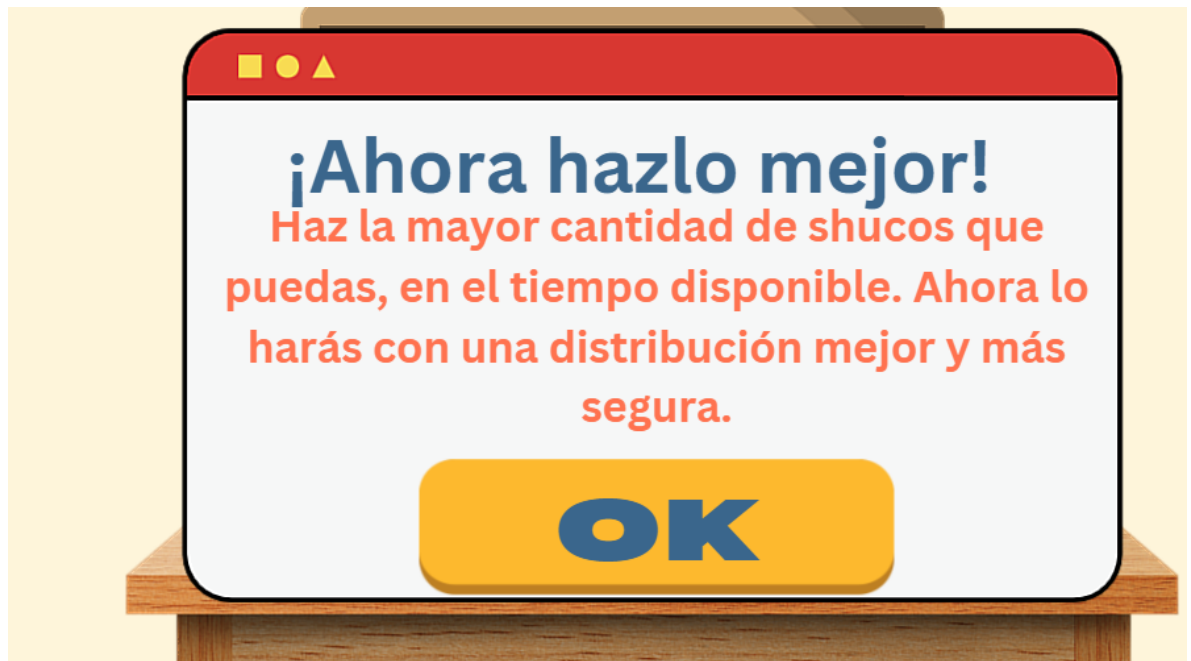


**Figura 34.** *Opciones de elementos*

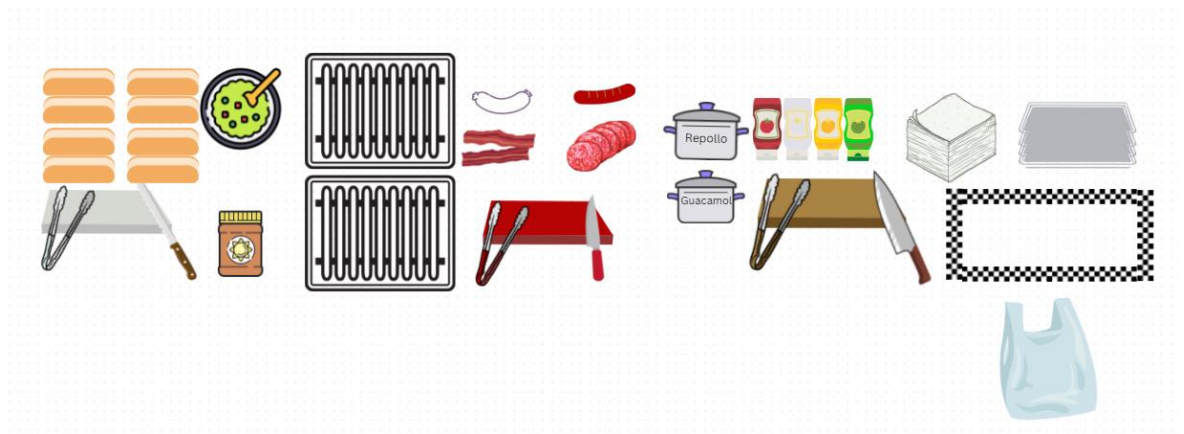


Al terminar la preparación y que se le presenten al usuario la cantidad de shucos que preparó y el tiempo promedio con el que lo hizo. Se le presenta la Figura 35. Instrucciones simulación 2 en la que se le indica que tiene que volver a preparar shucos, pero se utiliza como base un diseño de área de trabajo estudiado con anterioridad, un ejemplo sería la Figura 36. Diseño propuesto preliminar. El diseño que se realizó para esta parte de la aplicación es visible en el apartado 6.2.1. Al finalizar la simulación se muestran ambos resultados, de la simulación 1 y la simulación 2, para comparación y así evidenciar la diferencia que se obtiene con un buen diseño de área de trabajo.

**Figura 35.** *Instrucciones simulación 2*



**Figura 36. Diseño propuesto preliminar**



### **6.2.1. Diseño propuesto**

Los cambios realizados contemplan mejoras y la inclusión de medidas de seguridad que antes no se tenían, según lo identificado y lo indicado en la entrevista con el shuquero.









El diseño propuesto resuelve problemas de seguridad alimentaria, problemas con quemaduras y una reducción de tiempo al eliminar algunas de las operaciones. A su vez, este considera los comentarios de la persona encargada de realizar la actividad, junto con las medidas correspondientes del área de trabajo, modificando la distribución. La distribución actual está en la Figura 24. Plano del área de trabajo actual del shuquero. Las modificaciones realizadas fueron las siguientes:

1. se cambió la parrilla de lugar hacia la izquierda
2. se aumentó a 2 la cantidad de recipientes de mantequilla, chimichurri y las brochas correspondientes
3. se eliminó la necesidad de que el shuquero sea quien agregue los condimentos, agregando unos recipientes de auto despacho frente al área de producto terminado
4. se agregó una tabla de picar, pinzas y un chuchillo según los ingredientes o su estado de cocción
5. Se agregó un lavamanos para su uso entre las diferentes etapas del proceso

En la Tabla 6. Diferencias entre el proceso actual y el diseño propuesto en la preparación de shucos se señalan qué problemas o situaciones están presentes en cada uno de los diseños.

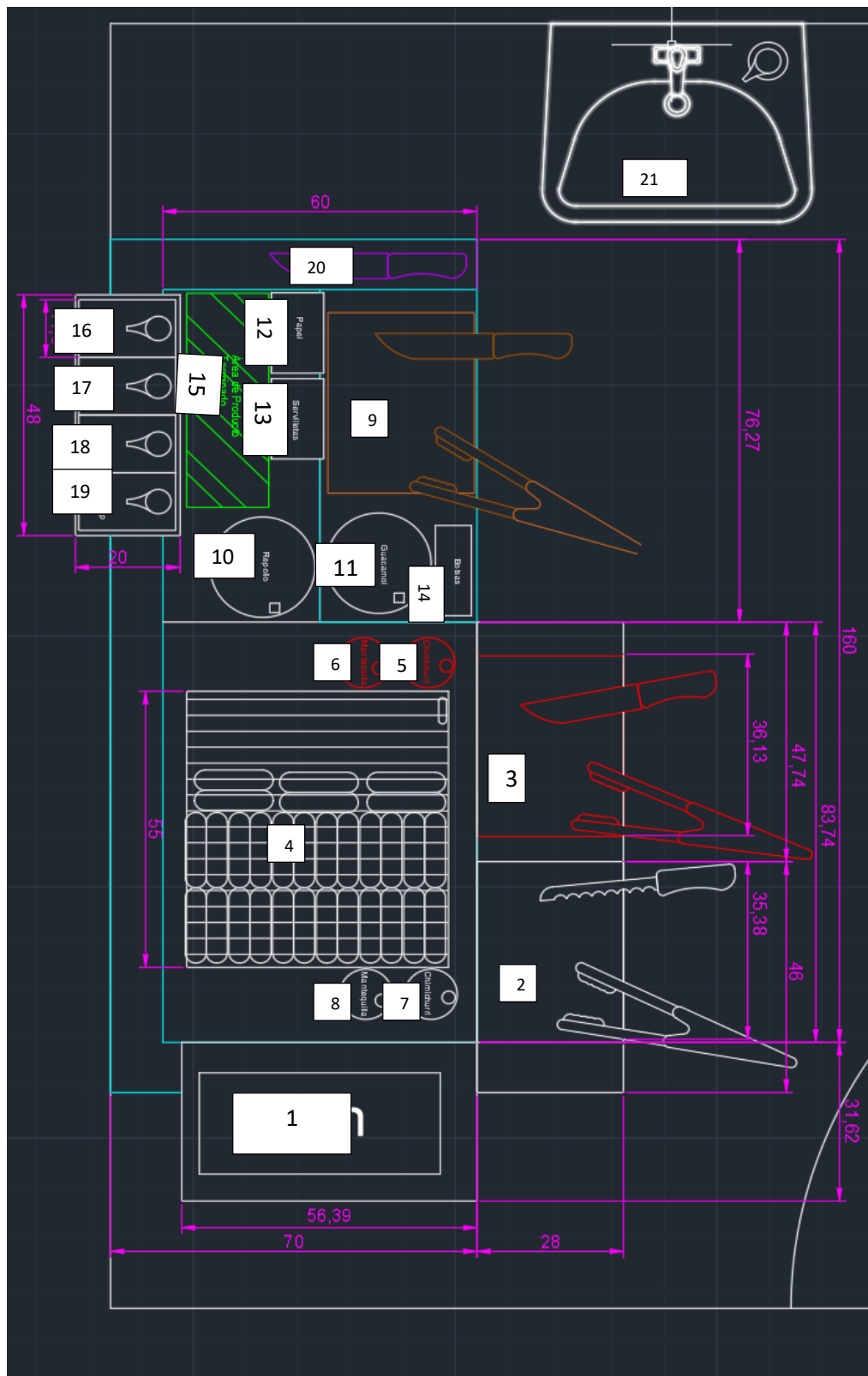
Los traslados innecesarios que se eliminaron del proceso actual, son porque el shuquero necesitaba dar dos pasos hacia atrás, para tomar el pan cada vez que preparaba un shuco.

**Tabla 6.** *Diferencias entre el proceso actual y el diseño propuesto en la preparación de shucos*

	Proceso actual	Diseño propuesto
Traslados innecesarios		
Riesgo de contaminación cruzada		
Elección de aderezos		
Elección de cantidad de aderezos		
Riesgo de quemaduras		

La propuesta se realizó con el software de AutoCAD, en una vista de planta de la distribución del espacio. como se ve en la Figura 37. Plano de la distribución del DAT propuesto. Se resuelven los problemas, utilizando el espacio disponible y agregando elementos como: tablas de picar, cuchillos, pinzas, y recipientes. Además de permitirle al cliente agregar los aderezos que desee, así como su cantidad.

**Figura 37.** Plano de la distribución del DAT propuesto



**Tabla 7. Leyenda Figura 37**

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>
1	Pan
2	Tabla, cuchillo y tenazas para pan
3	Tabla, cuchillo y tenazas para cárnicos crudos
4	Parrilla
5	Chimichurri para los embutidos
6	Mantequilla para los embutidos
7	Mantequilla para el pan
8	Chimichurri para el pan
9	Tabla, cuchillo y tenazas para alimentos cocinados
10	Olla de repollo
11	Olla de guacamol
12	Papel
13	Servilletas
14	Bandeja
15	Área de producto terminado
16	Dispensador de mostaza
17	Dispensador de mayonesa
18	Dispensador de ketchup
19	Dispensador de picante
20	Cuchillo para mover el carbón
21	Lavamanos con jabón

### **6.3.Segunda fase**

En esta fase se implementan más características para aumentar la calidad de la simulación y hacer más interesante la experiencia. Éstas adiciones a la simulación, permiten que la aplicación se pueda usar en otros cursos como: Contabilidad de Costos, Gestión de Calidad, Investigación de Operaciones, y Seguridad Industrial.

La Figura 38. Vista general de características fase 2 se muestran a grandes rasgos las características a implementar durante esta fase. Comenzando con las llega de los clientes según una distribución estadística (Figura 39. Distribución estadística). Al implementar esto, el usuario puede determinar la forma en la que aparecen los clientes para hacer su orden. Esto permite que se pueda simular un horario tranquilo para el shuquero, como lo sería cerca de su hora de cierre o bien, un horario concurrido como lo sería el horario de almuerzo. Tampoco es necesario que la llegada de los comensales sea variable, también pueden llegar de forma constante.

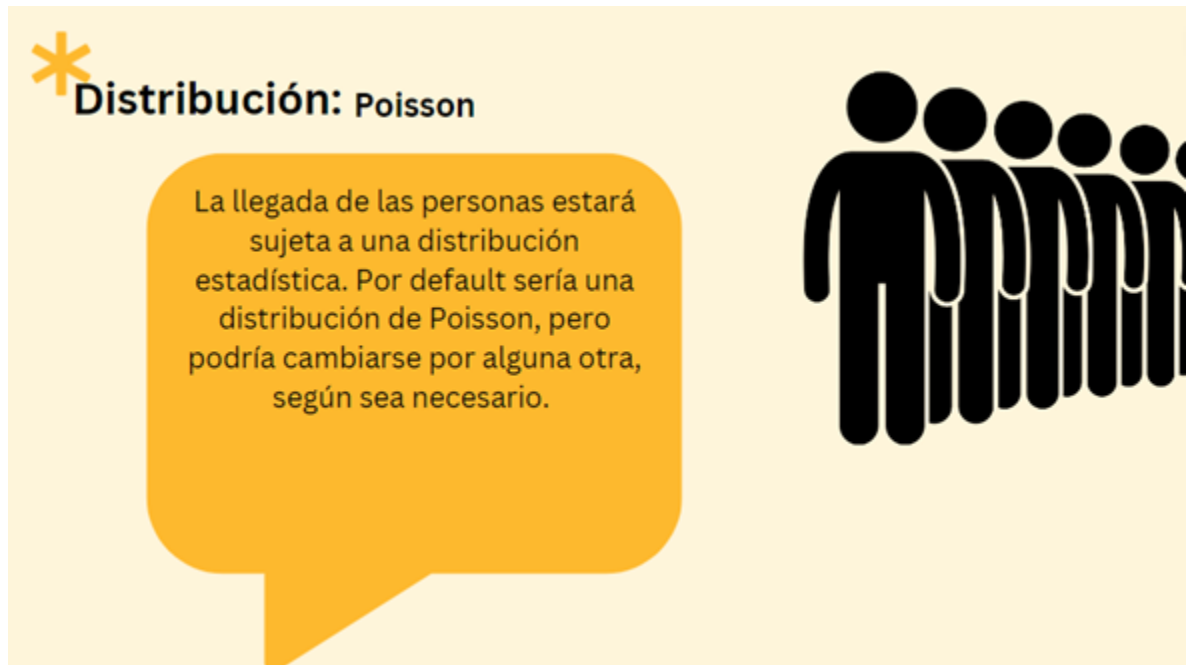
Junto con los clientes llegan sus órdenes (asterisco naranja en la Figura 38. Vista general de características fase 2), las cuales pueden ser sencillas o complicadas. Esta complejidad se debe a que se pueden introducir como variables: la cantidad de embutidos, su combinación y si se agrega una bebida o no, como se ve en la Figura 41. Complejidad de pedido.

**Figura 38.** Vista general de características fase 2



Los clientes llegan según la distribución estadística que el usuario defina, o bien se puede dejar con un tiempo constante. Se utilizó esta distribución discreta, ya que ésta a menudo se utiliza para modelar las llegadas aleatorias en situaciones de línea de espera. (Anderson, Sweeny, Williams, Camm, & Cochran, 2015).

**Figura 39.** *Distribución estadística*



**Ecuación 3.** *Función de probabilidad de Poisson*

$$f(x) = \frac{\mu^x * e^{-\mu}}{x!}$$

El cálculo lo realiza la aplicación, con la ecuación 3, Función de probabilidad de Poisson. En la Figura 40, el usuario debe ingresar los parámetros de la función para hacer la simulación más realista. La probabilidad de ocurrencias en el intervalo [F(x)] se obtiene al ingresar los parámetros mu (número medio de ocurrencias en un intervalo) y X (cantidad de ocurrencias que se desea evaluar).

Figura 40. Valor de los parámetros de la distribución de Poisson

## Llegada de los clientes

Seleccione la distribución estadística y escriba el valor de sus parámetros

**Distribución**

Poisson ▾

$P =$

$\mu =$

$X =$

Figura 41. Complejidad de pedido

**\***

**Orden No. 1**

1 shuco de chorizo  
1 shuco Mixto  
1 combo de shuco mixto

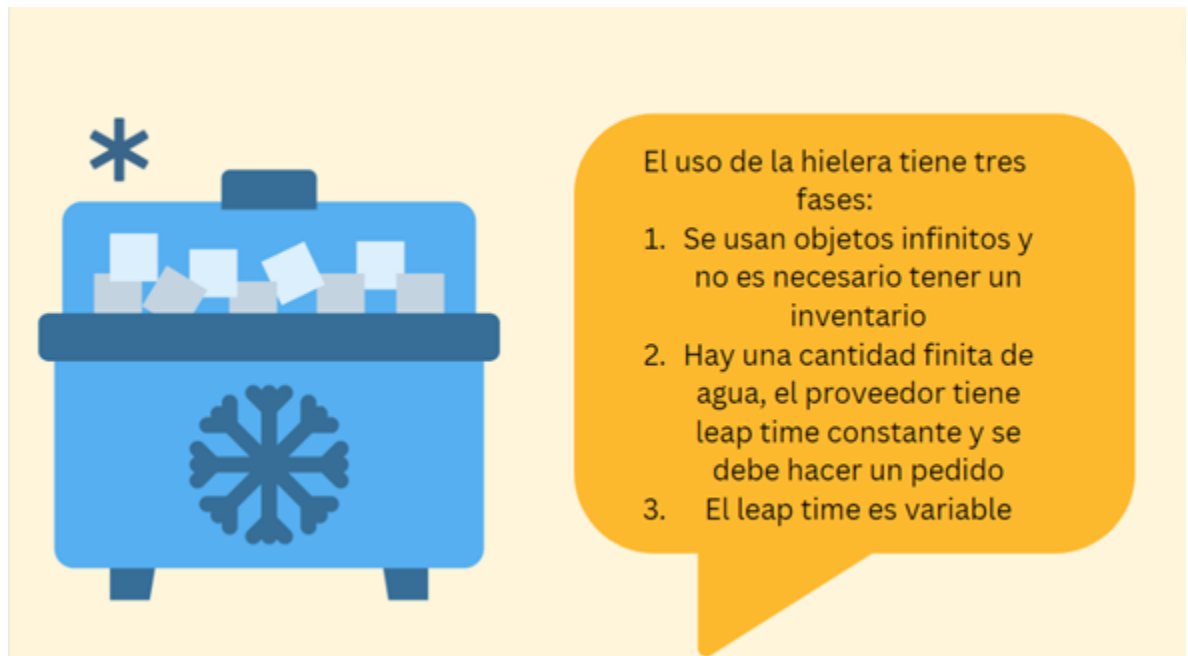
Las variables son:

- En combo o simple
- Con 1,2,3 o 4 embutidos

Para cumplir con las órdenes es necesario tener las materias primas para preparar el pedido. Lo que le añade complejidad a la simulación, en diferentes niveles. Como se puede

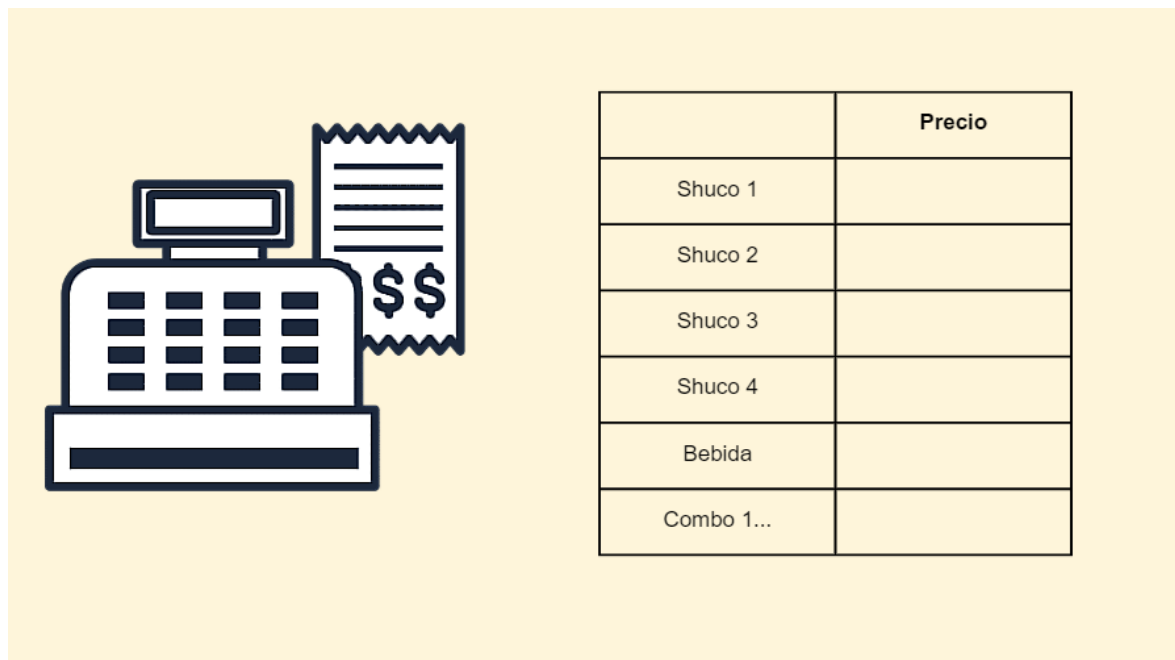
ver en la Figura 38. Vista general de características fase 2 se tiene una hielera (asterisco azul) en la que se pueden almacenar embutidos o bebidas. En la Figura 42. Complejidad de la hielera se describen algunos de los diferentes niveles de complejidad que se pueden implementar. Los cuáles son: elementos infinitos, elementos finitos con leap time, entregas con un leap time variable. También se pueden agregar, tamaño mínimo de pedido, diferentes proveedores, y espacio disponible de almacenamiento.

**Figura 42.** *Complejidad de la hielera*



Como característica adicional y fundamental para un negocio son los ingresos, la utilidad y los costos. El usuario puede ingresar el precio de venta, como se ve en la Figura 43. Ingreso del precio de venta, de las diferentes opciones en el menú: shucos de 1 hasta 4 ingredientes, bebidas, combos de cada una de las opciones de shuco. Se solicita únicamente el precio de venta, para que el usuario haga el análisis de costos y determine su margen de ganancia y evaluar si el precio que calculó es realmente competitivo, en comparación con los precios reales de un shuco. De igual manera, se pueden utilizar los precios reales y que alumno, luego de la simulación, pueda encontrar el margen de ganancia que tendría el shuquero, con el índice los costos investigados por el usuario.

**Figura 43.** *Ingreso del precio de venta*



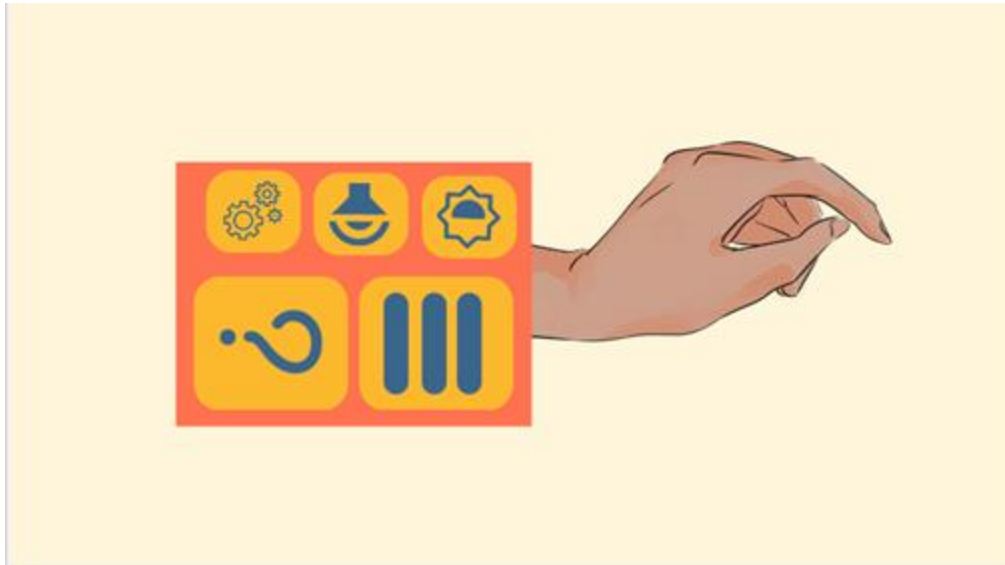
Dentro de la aplicación, existen diferentes características como las descritas anteriormente las cuáles no siempre son necesarias. Como consecuencia, es necesaria una forma de activar o desactivar según corresponde. Para solucionar esto, es que se incluye en “menú” en la mano izquierda(Figura 44). En éste se incluyen algunos accesos directos para el control de algunas características como: el volumen del ruido ambiental, la intensidad de la iluminación solar según la hora del día, el acceso a la lista de controles (Figura 30. Explicación de las funciones dentro de la simulación), el volumen de la voz que lee las instrucciones, y las configuraciones extras de la aplicación (Figura 45. Cambio de los parámetros de simulación).

El ruido ambiental deben ser grabaciones de la situación en la carreta de shucos, y se debe hacer una medición de la intensidad del sonido. Esta medición servirá como parámetro mínimo de la intensidad de sonido dentro de la simulación, debido a que no es posible “silenciar” el ruido ambiental.

Los cambios en los parámetros de la simulación, permiten adaptar la experiencia acorde al curso o al objetivo de análisis. Esto se debe a que es posible el apagar algunas características, por ejemplo: para los alumnos de Ing. de Métodos 1, las características:

frecuencia de llegada de clientes, inventarios, ingresos, pedidos de materia prima, y leap time no son necesarias por lo que se pueden apagar. Se deben incluir opciones precargadas como se ve en la Figura 45. Cambio de los parámetros de simulación con las que se puedan cambiar estos parámetros, según el curso en el que se utilice.

**Figura 44.** *Menú de opciones en mano izquierda*



**Figura 45.** *Cambio de los parámetros de simulación*

<b>Inventario</b>	Constante	▼	
<b>Clientes</b>	Constante	▼	
<b>Lead Time</b>	Constante	▼	
<b>Tipo de Orden</b>	Sencilla	▼	
Ing. de Métodos 1	Contabilidad de Costos	Seguridad Industrial	Gestión de Calidad
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Las diferentes características de la aplicación permiten a los alumnos y catedráticos adaptar la simulación según sus requerimientos, permitiendo que se vinculan temas vistos en diferentes clases además de ayudar a reforzar los temas del diseño de área de trabajo.

## 7. Desarrollo de la aplicación

Como paso siguiente para la conceptualización de la aplicación y sus funciones, fue necesario encontrar a quién fuera capaz de programarla. Así que se comenzó la búsqueda del personal adecuado.

### 7.1. Programación

En este apartado, se explica todo el desarrollo de la aplicación utilizada al momento de finalizar este trabajo, la cual debía permitirle al usuario preparar un shuco. A su vez se explican las características que se idearon inicialmente para la aplicación, junto con las mejoras aplicables en las siguientes versiones.

#### 7.1.1. Aplicación utilizada

Durante la realización de este trabajo, se logró obtener una versión muy básica de la aplicación. Esta solo permite realizar shucos durante el tiempo disponible; todos los elementos en la simulación son infinitos.

Mientras se definía la tarea a simular, se realizó una convocatoria para estudiantes de Ciencias de la Computación que desearan participar en el proyecto. Los requisitos eran ser estudiante, tener experiencia utilizando y programando en Unity, experiencia en videojuegos, e interés en realidad virtual. Aproximadamente un mes después de haber comenzado el proceso de definición y diseño, se formó el equipo.

Se comenzaron a realizar en modo de *storyboard* las ideas primarias de funcionamiento y visualización, las cuales fueron útiles para la explicación del objetivo del proyecto a los candidatos que respondieron la convocatoria y cumplían con los requisitos. Luego, se realizaron mockups sobre cómo funcionaría la aplicación, sus posibles vistas, pantallas, así como las posibles mejoras o actualizaciones.

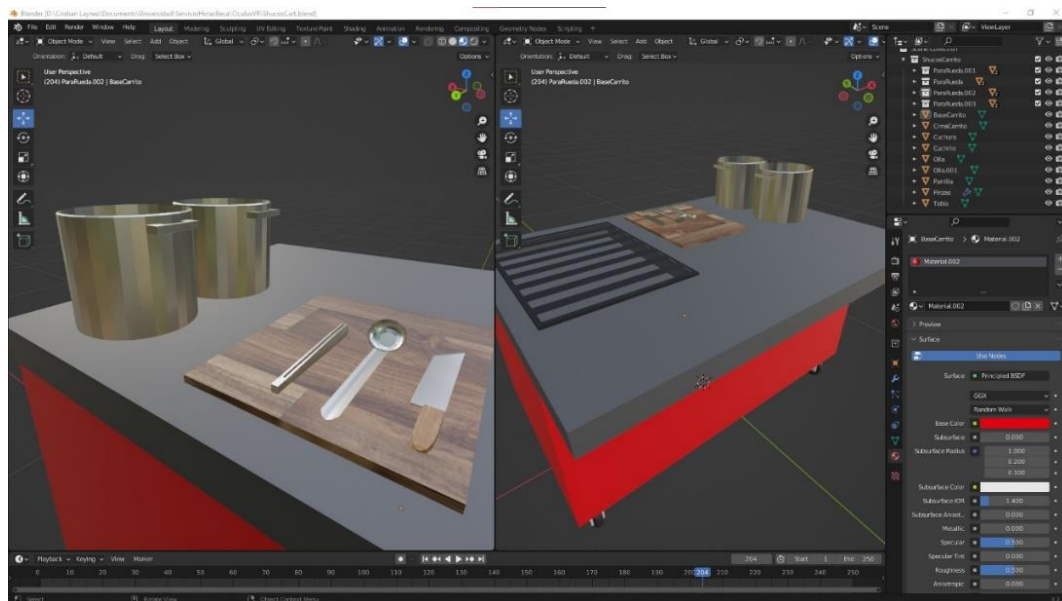
Al comenzar a crear la aplicación surgió uno de varios problemas: debido a la naturaleza de la simulación, no existían modelos que cumplieran las características para hacerla simulación más realista. Debido a esta problemática fue necesario realizar modelos 3D propios de los diferentes objetos, desde la carreta hasta los embutidos y condimentos. Estos se realizaron en Blender y se usó Photoshop para crear las texturas de cada uno e integrarlas

en Unity. La parte de funcionalidad se hizo en Unity, usando C Sharp. El programa de Unity es programación orientada a objetos. A estos se les pueden agregar características físicas dentro del ambiente a simular. Las primeras fases del proyecto son visibles en las ilustraciones Figura 46 a la Figura 49.

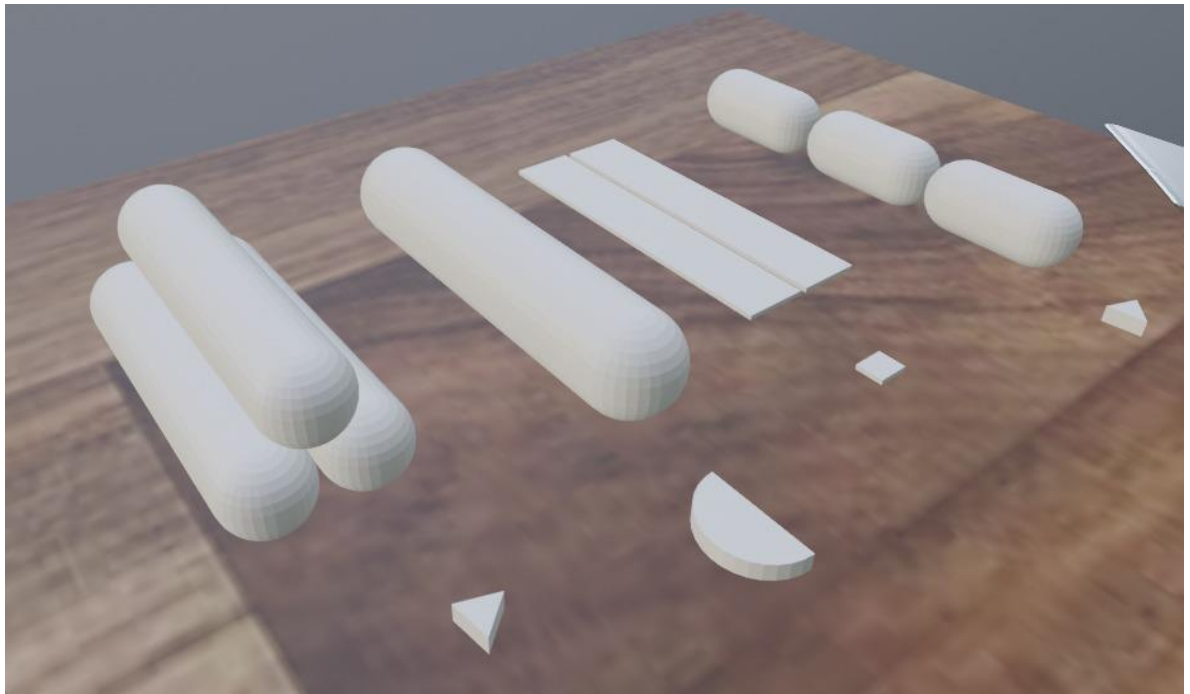
**Figura 46.** Visualización inicial con modelos disponibles



**Figura 47.** Visualización de la carreta con el modelo personalizado



**Figura 48.** *Embutidos completos y "cortados" sin texturas*



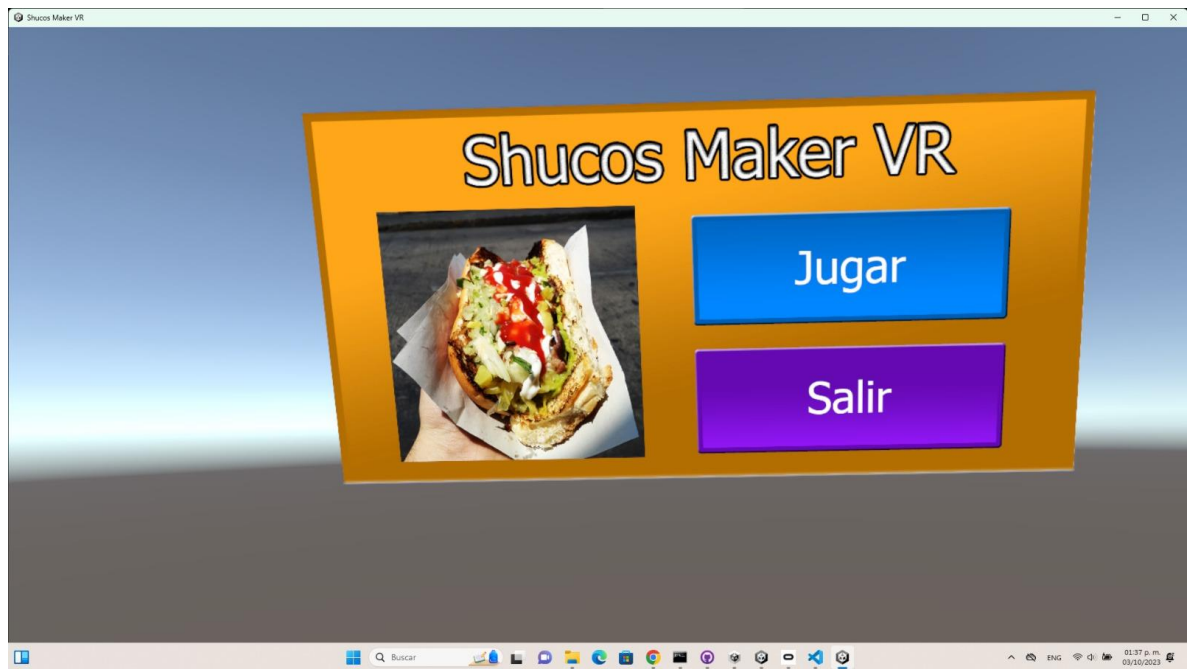
**Figura 49.** *Shuco completo junto a su empaque*



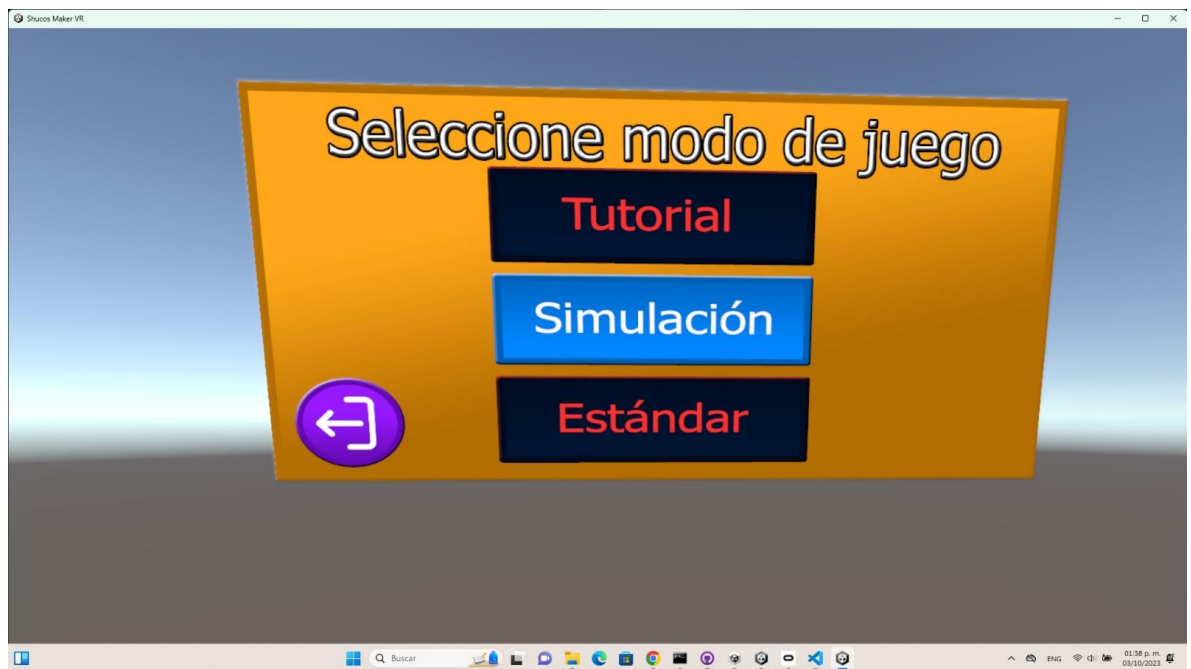
Luego de tener todas las partes necesarias para la preparación del shuco fue necesario agregar la interfaz de usuario. En donde se agregaron las opciones de tutorial, simulación

y el estándar. Opciones de las cuales, al momento de la realización de este documento, solo está disponible la “simulación”.

**Figura 50.** *Menú inicial*

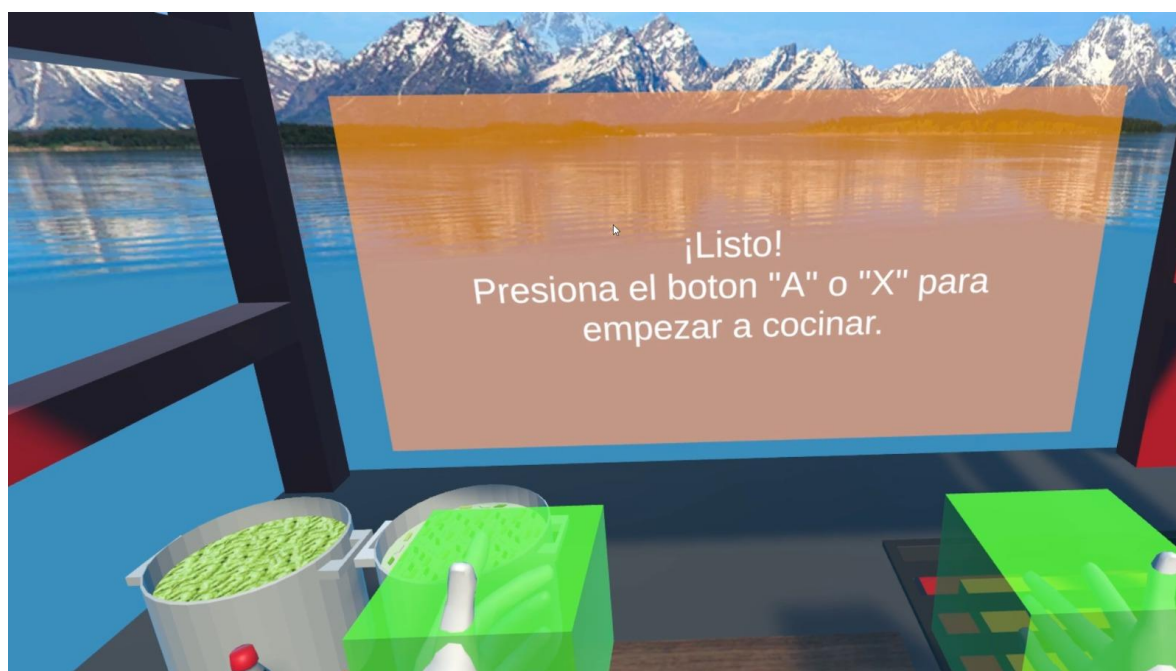


**Figura 51.** *Selección de modo de juego*



En las siguientes ilustraciones se muestran capturas de pantalla tomadas mientras se realizaba la simulación. En la Figura 52. Preparación para el inicio de la simulación se puede ver el procedimiento que debe seguir el usuario para iniciar la preparación de los shucos, junto con una pantalla con sus instrucciones correspondientes. Al avanzar un poco en la preparación del shuco, como se ve en la Figura 53 .Se agrega guacamol al shuco se puede ver cómo el usuario tiene agarrada la cuchara con la que se sirve guacamol. Como complemento en la Figura 54. Verificación de los ingredientes ya agregados se ve cómo el usuario puede verificar qué ingredientes ha agregado y cuáles le falta por agregar. El agregar los condimentos es la tarea que según el shuquero es la parte más complicada por tener que preguntarle al cliente cuáles desea agregar y los que no. En este caso, como por defecto hay que agregar todo se pueden agregar con ambas manos, Figura 55. Agregar Kétchup y mostaza, aunque esto también es aplicable a la vida real. Luego de agregar todos los ingredientes, el shuco se debe empacar agregando una servilleta, bandeja y su bolsa. Cada uno de estos elementos es necesario para terminar la preparación del shuco, como se ve en la Figura 56. Shuco terminado y empacado.

**Figura 52.** *Preparación para el inicio de la simulación*



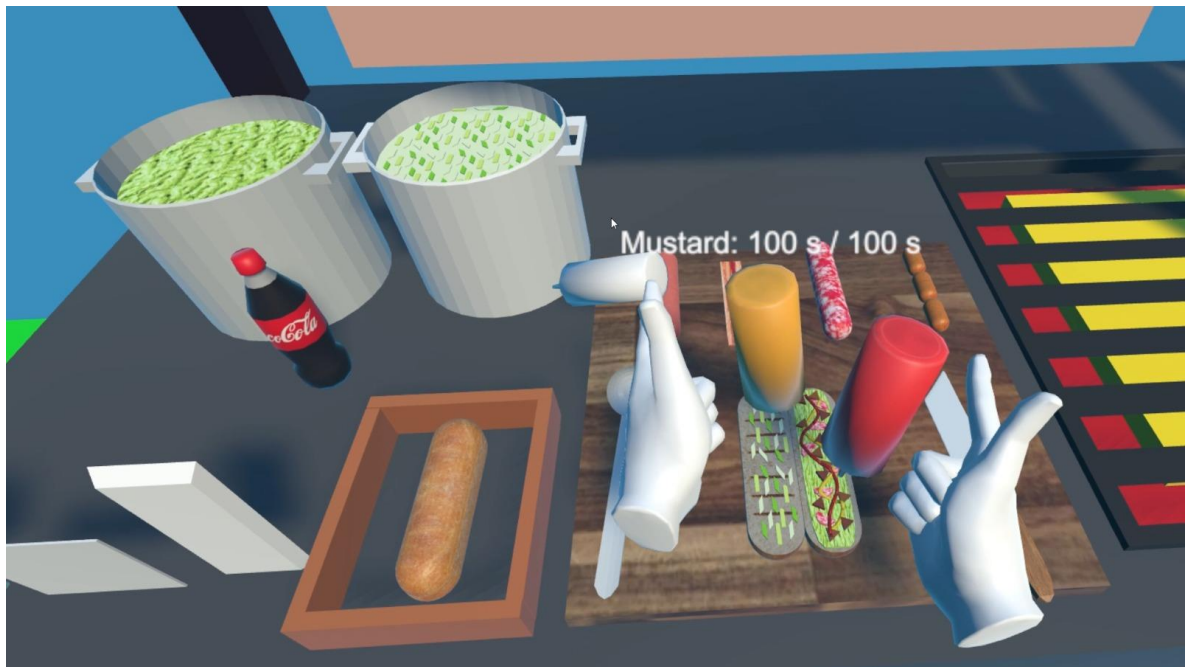
**Figura 53 .Se agrega guacamol al shuco**



**Figura 54. Verificación de los ingredientes ya agregados**



**Figura 55.** *Agregar Ketchup y mostaza*



**Figura 56.** *Shuco terminado y empacado*



La aplicación utilizada, permite visualizar algunos de los conceptos del diseño de área de trabajo. Esta simulación toma menos de 10 min por persona, en los cuales es posible para el usuario aprender a usar los controles y terminar la preparación de uno o más shucos.

## **8. Evaluación de costos**

La aplicación no está orientada a la generación de ingresos o beneficios financieros. Debido a que se está creando una herramienta piloto para evaluar el impacto que tiene el uso de herramientas de RV en el aprendizaje. Sin embargo, sí se pretende proponer un aprovechamiento de los recursos disponibles, así como una mejora en la eficiencia que puede ser visto desde la facilidad de capacitación en el tema Diseño de Área de Trabajo. Se incluyeron solo los elementos esenciales y cuantificables de desarrollo de la Aplicación utilizada.

Se realizó un análisis sobre los diferentes costos en los que se incurren al momento de querer enseñar de forma tradicional y el costo de desarrollar la aplicación.

En este caso se estarán evaluando 3 situaciones diferentes, las cuales son: si la universidad decidiera realizar este proyecto desde cero, tercerizando la creación de la aplicación y el costo real de la misma, comparado con el costo del método tradicional.

### **8.1.Realización desde cero**

Estos escenarios permiten evaluar la cantidad de dinero que se utilizaría al querer enseñar el curso de Ing. de Métodos 1 usando el método tradicional y la creación de la aplicación. En ambos casos se supone una carencia total de los insumos necesarios, por lo que se deben adquirir el mobiliario y equipo para cada una de las variantes. Ambas necesitan mesas, sillas, computadoras, y a un catedrático.

#### **8.1.1. Método tradicional**

Se define como método tradicional a la forma en la que habitualmente se dan clases en la universidad. Un catedrático dando una clase magistral frente a todos los alumnos copiando lo que se escribe en el pizarrón y se dice en clase. Los elementos necesarios son mesas, sillas, televisores y laptops. Todos estos equipos se buscaron y cotizaron los más parecidos a los que se tienen en el laboratorio de realidad virtual.

Se utilizó la plataforma Amazon para adquirir mesas y sillas con características similares, además del Oculus Quest 2. Para las laptops, se utilizó su precio en la tienda

oficial Dell y la televisión se cotizó localmente, en Max-Distelsa (Tabla 8) Estos datos se utilizaron para obtener la Inversión Inicial.

**Tabla 8. *Mobiliario y Equipo***

Mobiliario y equipo	Se cotizó en
Mesas	Amazon
Sillas	Amazon
Oculus Quest 2	Amazon
Televisión	Max-Distelsa
Laptops	Tienda Oficial Dell

Luego de haberse cotizado todo el mobiliario y equipo necesario se debe sumar para obtener el total de la inversión inicial. Junto a esto, todo el equipo electrónico necesita de cierta cantidad de energía eléctrica para funcionar, la cual se calculó mensualmente con una tasa de autoproducción con demanda en pico, según el Comisión Nacional de Energía Eléctrica, esto se puede ver en la (Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2023)

Tabla 10. Consumo eléctrico y el valor de la energía en la Tabla 11. Costo de energía eléctrica.

**Tabla 9. Inversión inicial**

Inversión inicial	Método tradicional
Mesas	Q 7,244.70
Sillas	Q 28,277.70
Televisores	Q 120,000.00
Luces LED	Q 332.80
Proyector	Q 1,590.00
Laptop Alienware	Q 12,853.50
Laptop Dell Inspiron Plus	Q 130,872.00
Oculus Quest 2	Q 28,978.80
Total Inversión Inicial	Q 330,149.50

**Tabla 10. Consumo eléctrico**

Cantidad por salón	Electrónico	Potencia (W)	Tiempo de clase (horas)	Consumo por clase	Consumo (Wh)
1	Proyector	110	22.5	2475	2475
10	Luces LED	18	22.5	405	4050
15	Oculus Quest 2	14	22.5	315	4725
15	Televisor LED 32-50 in	90	22.5	2025	30375
15	Laptop Dell Inspiron Plus	100	22.5	2250	33750
1	Laptop Alienware	240	22.5	5400	5400
				Total de Consumo (kWh)/semestre	80.775

**Tabla 11. Costo de energía eléctrica**

Costo energía eléctrica por kWh con tarifa de Media Tensión con Demanda en Punta Autoproducidos sin IVA (Q/kWh)	Q	1.26
Costo*consumo del salón (Sin IVA)	Q	101.78
(Costo/salón + IVA)/Semestre	Q	113.99
(Costo/salón + IVA)/Mes	Q	19.00

Mensualmente se paga el personal de limpieza y el salario del catedrático (costos fijos mensuales, Tabla 12). Más adelante, en la Tabla 13. Costeo directo se muestran los montos clasificados en material directo e indirecto, mano de obra directa e indirecta, así como el

valor mensual de esta forma de enseñanza y su inversión inicial (la Tabla 14. Costo mensual e inversión inicial)

**Tabla 12. Costos fijos**

Costos fijos	Mensual	
Personal de limpieza	Q	160.14
Salario del catedrático	Q	640.00
Costo fijo Total	Q	800.14

**Tabla 13. Costeo directo**

	Clase Tradicional	
Costo Total	Q	330,949.64
Costos Directos	Q	640.00
Costos Indirectos	Q	330,309.64
Mano de Obra Directa	Q	640.00
Mano de Obra Indirecta	Q	160.14
Materiales Directos	Q	-
Materiales Indirectos	Q	330,149.50

**Tabla 14. Costo mensual e inversión inicial**

	Método Tradicional	
Inversión inicial	Q	330,149.50
Mes	Q	800.14

### 8.1.2. Desarrollo de la aplicación utilizada

Para determinar los elementos necesarios para esta evaluación, se utilizó de base el salón CIT-211, el cuál es el laboratorio de realidad virtual. El equipo disponible en este laboratorio, es la cantidad y el tipo de equipo que se evaluó, buscando las opciones más

parecidas a las actualmente disponibles. Esto permitió cuantificar el consumo energético aproximado, al usar el salón durante la duración del curso. Este consumo se multiplicó por la tarifa correspondiente, la cual para la universidad es una tarifa de tensión media con demanda en punta para autoproducidos (Tabla 19).

**Tabla 15.** *Consumo eléctrico al semestre por salón de clase*

Cantidad por salón	Electrónico	Potencia (W)	Tiempo de clase (horas)	Consumo por clase	Consumo (Wh)
1	Proyector	110	22.5	2475	2475
10	Luces LED	18	22.5	405	4050
15	Oculus Quest 2	14	22.5	315	4725
15	Televisor LED 32-50 in	90	22.5	2025	30375
15	Laptop Dell Inspiron Plus	100	22.5	2250	33750
1	Laptop Alienware	240	22.5	5400	5400
				Total, de Consumo (kWh)/semestre	80.775

Para la estimación de los salarios, específicamente del director de proyecto y el catedrático, se considera que ambos son ingenieros industriales. El salario utilizado en los cálculos es el promedio de los datos de la Encuesta Nacional de Empleos e Ingresos (ENEI) de 2022 (Miranda Consuegra, y otros, 2023). Debido a los cálculos realizados, en la Tabla 16. Promedio de Salarios por hora y desv. estándar se muestran los promedios del salario de los diferentes puestos, junto con su desviación estándar.

**Tabla 16.** Promedio de Salarios por hora y desv. estándar

	Catedrático	Programador Sr.	Programador Jr.	Director del proyecto	Personal de limpieza
Promedio	Q9,357.14	Q7,900.00	Q8,338.53	Q8,722.22	Q6,832.76
Des.est.	Q4,048.81	Q4,127.95	Q2,031.78	Q4,888.16	

El personal de limpieza, se supuso una única persona, ya que dentro de la universidad el personal de limpieza tiene áreas asignadas a su cargo. Con base en esto se decidió evaluar el salario de una única persona, dentro del ENEI no hay una categoría específica para personal de limpieza. El dato sobre el salario de un auxiliar de limpieza se obtuvo de una bolsa de empleo, CompuTrabajo. (Computrabajo, 2023). En el pago de salarios, no se incluyen las obligaciones patronales, debido a que se asume que el personal se contrata por servicios profesionales, según el caso, o bien se contrata una empresa que se encarga del servicio.

De manera similar, para el mobiliario y equipo (Tabla 8. Mobiliario y Equipo), se buscaron opciones que fueran lo más parecidas posible al mobiliario presente en la universidad.

**Tabla 17.** Inversión Inicial

Inversión inicial	Desarrollo de la aplicación
Laptop Alienware	Q12,853.50
Laptop Dell Inspiron Plus	Q130,872.00
Oculus Quest 2	Q28,978.80
Total, Inversión Inicial	Q172,704.30

Mensualmente se tienen costos fijos, los cuales son necesarios cubrir para el correcto funcionamiento de las clases tradicionales, como la aplicación desarrollada. Estos se

detallan en la Tabla 18 y Tabla 19. Se clasificaron y totalizaron los diferentes costos para realizar un costeo directo, como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 18. Costos Fijos**

Costos fijos	Desarrollo de la aplicación/mes
Personal de limpieza	Q160.14
Salario del catedrático	Q640.00
Salario de programador Sr.	Q1,580.00
Salario programador Jr.	Q1,667.71
Licencia Photoshop	Q264.78
Salario Director de Proyecto	Q1,744.44
Costo fijo Total	Q6,057.08

**Tabla 19. Costo Energía Eléctrica**

Costo energía eléctrica por kWh con tarifa de Media Tensión con Demanda en Punta Autoproductores sin IVA (Q/kWh)	Q1.26
Costo*consumo del salón (Sin IVA)	Q101.78
(Costo/salón + IVA)/Semestre	Q113.99
(Costo/salón + IVA)/Mes	Q19.00

**Tabla 20. Costeo Directo**

	Aplicación
Costo Total	Q178,140.37
Costos Directos	Q3,531.49
Costos Indirectos	Q174,608.89
Mano de Obra Directa	Q3,247.71
Mano de Obra Indirecta	Q1,904.59
Materiales Directos	Q283.78
Materiales Indirectos	Q172,704.30

**Tabla 21. Costo mensual e inversión inicial**

	Desarrollo app
Inversión inicial	Q172,704.30
Costos fijos mensuales	Q6,057.08

La Tabla 21. Costo mensual e inversión inicial muestra el valor de la inversión y el valor de los costos mensuales. Los cuáles son los salarios, éstos se calcularon con base en la cantidad de horas efectivas durante el semestre con la Ecuación 4.

**Ecuación 4. Cantidad de horas por semestre**

$$\frac{90 \text{ min}}{\text{Clase}} * \left( \frac{1.5 \text{ semanas}}{\text{tema}} * \frac{5 \text{ temas}}{\text{Semestre}} * \frac{2 \text{ Clase}}{\text{Semana}} \right) * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = \frac{22.5 \text{ horas}}{\text{Semestre}}$$

## 8.2. Outsourcing

Se evaluó la posibilidad de realizar el proyecto como outsourcing. Se investigó al respecto y los proyectos pueden llegar a costar desde 1000 euros hasta 120 000 euros o más. Además, se consultó a alguien con experiencia en desarrollar estos proyectos, quién comentó que este tipo de proyectos se suelen pagar con un adelanto del 50% y al final del proyecto el otro 50% de su valor. Por lo que es lo que se utilizó para analizar esta alternativa. En la Tabla 22 se muestra cómo se compone el costo del proyecto, así como el valor con el porcentaje de ganancia que tendría la empresa contratada. En la Tabla 23 se

muestra el valor de la inversión inicial (el adelanto del 50%) y el pago a la entrega del proyecto del valor restante.

**Tabla 22.** *Desglose del costo del proyecto*

Laptop	Q 17,527.50
Programador Senior	Q 58,425.00
Programador Junior	Q 29,212.50
Director del proyecto	Q 85,690.00
Licencia de Unity	Q 17,527.50
Licencia de photoshop	Q 3,271.80
Total	Q 211,654.30
Total +20%	Q 264,567.88

**Tabla 23.** *inversión inicial y pago final*

		Desarrollo app
	Inversión inicial (adelanto del 50%)	Q132,283.94
Mes final	50% restante al final del proyecto	Q132,283.94

### 8.3. Costo real

El costo real, difiere de los puntos anteriores ya que es un aprovechamiento de recursos. En este caso no se realizó la compra de ningún tipo de equipo ni de licencia. Se debió a que la universidad ya contaba con todo el equipo y las licencias necesarios como lo son la de Unity y Photoshop, se utilizan en una versión educacional. Con base en esto, los costos que se están evaluando son: el consumo eléctrico, los salarios del catedrático y el personal de limpieza, y la mano de obra. La mano de obra se realizó utilizando como pago las horas de beca, debido a que éstas no representan un costo monetario para la universidad, no tienen un costo asignado en este análisis.

**Tabla 24. Consumo eléctrico**

Cantidad por salón	Electrónico	Potencia (W)	Tiempo de clase (horas)	Consumo por clase	Consumo (Wh)
1	Proyector	110	22.5	2475	2475
10	Luces LED	18	22.5	405	4050
15	Oculus Quest 2	14	22.5	315	4725
15	Televisor LED 32-50 in	90	22.5	2025	30375
15	Laptop Dell Inspiron Plus	100	22.5	2250	33750
1	Laptop Alienware	240	22.5	5400	5400
				Total, de Consumo (kWh)/semestre	80.775

**Tabla 25. Costo de la energía eléctrica**

Costo energía eléctrica por kWh con tarifa de Media Tensión con Demanda en Punta Autoproductores sin IVA (Q/kWh)	Q1.26
Costo*consumo del salón (Sin IVA)	Q101.78
(Costo/salón + IVA)/Semestre	Q113.99
(Costo/salón + IVA)/Mes	Q19.00

**Tabla 26. Costeo Directo**

	Aplicación	
Costo Total	Q	819.13
Costos Directos	Q	-
Costos Indirectos	Q	819.13
Mano de Obra Directa	Q	-
Mano de Obra Indirecta	Q	800.13
Materiales Directos	Q	-
Materiales Indirectos	Q	19.00

**Tabla 27. Costo mensual e inversión inicial**

	Costo aplicación	
Costo total	Q	819.13

**Tabla 28. Cálculo de mejora en costos**

Comparativa	Desde cero	Outsourcing	Real	Método tradicional
Costo Total	Q178,140.37	Q264,567.88	Q819.13	Q330,949.64
% equivalente al Método tradicional	53.83%	79.94%	0.25%	
% de mejora	46.17%	20.06%	99.75%	

Utilizando como base de comparación el costo del método tradicional, se evaluó a cuánto equivalía el costo total de las diferentes opciones presentadas. Siendo todas las

opciones menos costosas. Destaca especialmente el costo total real que es un 0.25% del valor del método tradicional, lo que supone una mejora del 99.75% en el costo.

#### **8.4.Evaluación de la Oportunidad de Comercialización**

Acorde a la página oficial de Meta hay diferentes formas de generar ingresos con ellos. Además de que en febrero 2022 Meta mencionó que la cantidad de dinero invertida en la Meta Store superaba los mil millones de dólares y que 124 aplicaciones habían obtenido más de mil millones en utilidad y 8 de éstas habían obtenido más de 20 mil millones (Lang, 2022) por lo que obtener ganancias con la aplicación parece viable.

A continuación, se presentan algunas de las opciones encontradas y el proceso que se sigue para la publicación y obtención de ingresos. Sin embargo, Meta selecciona las aplicaciones que pueden ser de interés del consumidor y así evita que cualquier empresa o persona pueda comercializarlo dentro de la plataforma de meta.

##### **8.4.1. Meta Store**

Aunque generar ingresos mediante la publicación de la aplicación en la tienda oficial es posible, no se encontró suficiente información sobre cómo Meta le paga a quienes desarrollan las diferentes aplicaciones de la tienda.

Para publicar una aplicación en la tienda y que ésta esté disponible primero debe pasar una revisión por parte de Meta. Se debe enviar un documento de 3 páginas en las que se debe explicar la aplicación, cómo se va a desarrollar la experiencia y la inversión necesaria para realizarlo. En caso se apruebe, Meta destina los recursos necesarios para la creación de la aplicación y su publicación en la tienda. (Ya se pueden enviar documentos conceptuales, un proceso previo necesario si queremos publicar juegos en la store de Quest, 2019). Se sabe que es posible cobrar por la aplicación, debido a que existen diferentes aplicación de paga, dentro de la tienda, aunque se desconoce el porcentaje de comisión que tiene Meta.

##### **8.4.2. App Lab**

Es la tienda no oficial de Meta, en la que desarrolladores de todo el mundo pueden publicar sus aplicaciones y tener retroalimentación de la comunidad, si así lo desean.

Aunque al no estar regulado, como la tienda oficial no se puede monetizar, pero las posibles mejoras o ayuda que se obtiene para mejorar la aplicación también es importante.

#### **8.4.3. Sugerencias de Meta**

La página oficial de meta ofrece algunas opciones con las que se podrían generar ingresos como: publicidad dentro de la aplicación, objetos consumibles o permanentes o compras dentro de la aplicación. Éste tipo de transacciones se conocen como “microtransacciones” las cuales según (Álvarez-Cabrera, Lagos-Lazcano, Carlos Ríos, & Urtubia Medina, 2022) son pequeños pagos inferiores a 12 dólares estadounidenses, que ofrecen una extensión a una aplicación existente o servicio. Dichos pagos tienen lugar cuando es posible obtener objetos virtuales: que consisten en cosmético y/o mejoras para el videojuego (Artz y Kitcheos, 2016). Brooks y Clark (2019) señalan que muchos de estos objetos virtuales son otorgados mediante Random Number Generation (RNG): Un sistema que asigna aleatoriamente el objeto virtual. Dicho sistema de asignación aleatoria está diseñado para que algunos de estos objetos virtuales sean más difíciles de conseguir y, por ende, más buscados que otros. (Álvarez-Cabrera, Lagos-Lazcano, Carlos Ríos, & Urtubia Medina, 2022)

Como otra alternativa a la generación de ingresos, Meta incita a los usuarios a crear objetos digitales para su juego de “New Horizons” y venderlos dentro de la aplicación. Meta propone diferentes formas de obtener ingresos, con sus plataformas, sin embargo, no menciona la comisión que tendrá. De la misma manera, aún es sus programas de ingresos para creadores menciona que no se garantiza ningún tipo de monetización del contenido creado, por lo que se necesita más información para saber si es una opción viable para la generación de ingresos.

## **9. Análisis de mejora de la aplicación**

Se realizaron pruebas de funcionamiento con los grupos de personas que asistieron como voluntarios, los cuales respondieron los exámenes correspondientes, así como una encuesta de satisfacción sobre el uso de la aplicación desarrollada. Los resultados demostraron que los estudiantes experimentaron un notable nivel de entusiasmo hacia los contenidos luego de interactuar con la simulación. También percibieron una mayor comprensión y asimilación de los conceptos presentados en el ámbito de la instrucción académica tradicional.

### **9.1. Evaluación de la aplicación completa**

Con el fin de evaluar si al utilizar la aplicación existe algún tipo de mejora en el aprendizaje se diseñaron 2 exámenes, uno para responder antes y otro después de la simulación. Esta forma de evaluación se debe utilizar al momento de tener la aplicación con las mejoras aplicadas para demostrar que sí se puede obtener una mejora en el aprendizaje igual o superior al 10%. Los exámenes están disponibles desde la Figura 92 hasta la Figura 106.

Estos exámenes constaron de tres partes: (1) una serie de opción múltiple, (2) una serie de cálculos y resolución de problemas, y (3) un enunciado en el que deben explicar todos sus pasos a seguir para resolver el problema planteado. Esta última parte permite determinar su capacidad de análisis ante una situación hipotética con diversas variables que podrían darse en una situación real, esto con la finalidad de verificar la capacidad de los voluntarios para identificar si se enfrentan a la raíz del problema o a una consecuencia de este.

Cada persona que desee participar en las pruebas deberá realizar ambos exámenes, uno antes para establecer los conocimientos previos de la persona previo al uso de la aplicación. Al finalizar la simulación, deberán realizar el segundo examen, con el fin de evaluar si existe una mejora en las respuestas del participante. La mejora en los exámenes, si existe, se utiliza como indicador del cumplimiento del objetivo de mejora siempre y cuando se llegue a una mejora igual o superior al 10%. Se buscan distintos grupos de personas para realizar las pruebas.

## **9.2. Evaluación de la aplicación utilizada**

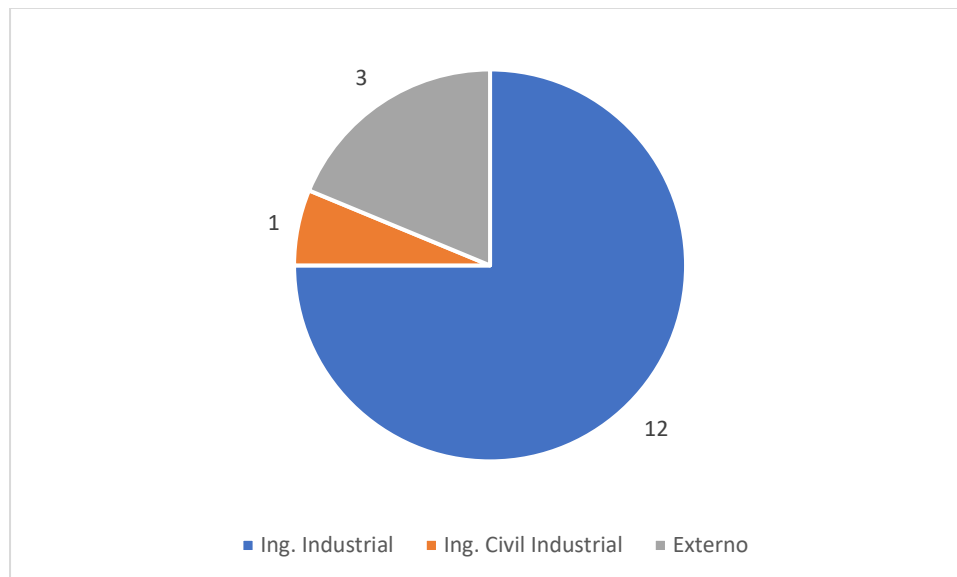
Con la versión disponible al momento de la realización de este trabajo, se utilizó el procedimiento propuesto en la sección 9.1. Los participantes respondieron ambos exámenes y la encuesta de satisfacción, las cuales no obtuvieron conclusiones definitivas por lo que los en éstas no son relevantes. Sin embargo, el 100% de los participantes consideran útil la aplicación para afianzar los conocimientos, así como para aumentar el interés en los temas. Las catedráticas que imparten el curso de Ingeniería de Métodos 2, también están de acuerdo con los estudiantes sobre que la aplicación podría ayudar en la retención de información a mediano y largo plazo.

### **9.2.1. Estudiantes**

Se trabajó vía *focus group* con 16 voluntarios compuestos por 12 estudiantes de Ing. Industrial, 1 de Ing. Civil Industrial y 3 voluntarios externos (Figura 57), de los cuales, 2 ya tenían experiencia con realidad virtual.

Se convocó a los voluntarios a través de publicaciones en la aplicación de la universidad (UVG+), así como por publicaciones en redes sociales como Instagram, por parte de la Asociación General de Estudiantes. Como incentivo, se ofrecieron 1 hora de beca por participar, así como 0.5 h de beca adicional por cada participante que se llevara. En conjunto con el Departamento de Ingeniería Industrial, también se hizo una convocatoria a personas en específico que necesitaban horas de beca.

**Figura 57.** *Participantes- Encuesta de Satisfacción*



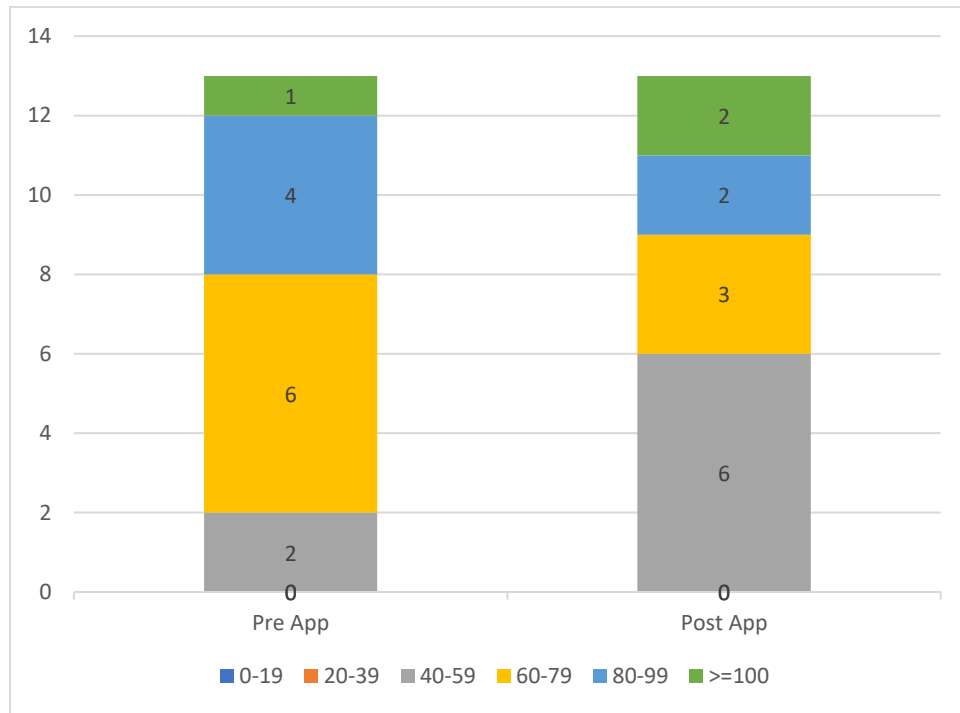
Para determinar si el uso de la aplicación hace más eficiente, en al menos un 10%, la forma en la que se enseña el tema de DAT, se les pidió a los voluntarios responder 3 encuestas para su posterior análisis, las cuales están en la parte 13.

Al llegar los voluntarios, se les solicitó completar los exámenes en el orden correspondiente, si estos eran elegibles para responderlos. Esto se debió a que algunos de los acompañantes no pertenecían a la carrera de ingeniería industrial ni ninguna de sus ramas. Luego de terminar las pruebas y respondieran las encuestas, se les obsequió un dulce a los que participaron. Las pruebas se realizaron desde las 10:00 horas hasta las 17:00 horas, horario durante el cual participaron 10 estudiantes el martes y otros 6 voluntarios el sábado.

Al revisar los exámenes pre y post de los estudiantes, no se pudo encontrar diferencias significativas en los mismos, esto al menos en las preguntas de teoría. El resumen se puede ver en la Figura 58. Comparación de las notas de los exámenes Pre y Post del uso de la aplicación, entre las diferencias encontradas se destacan: un aumento en la cantidad de alumnos con un puntaje de 100, y un aumento en la cantidad de alumnos con puntajes entre 40 y 59 puntos. Estos resultados podrían deberse a que la aplicación todavía se encuentra en una versión bastante básica y sencilla, por lo que no se aprovecha en su totalidad los beneficios de la realidad virtual en la educación. Aunque en las preguntas de desarrollo sí se puede

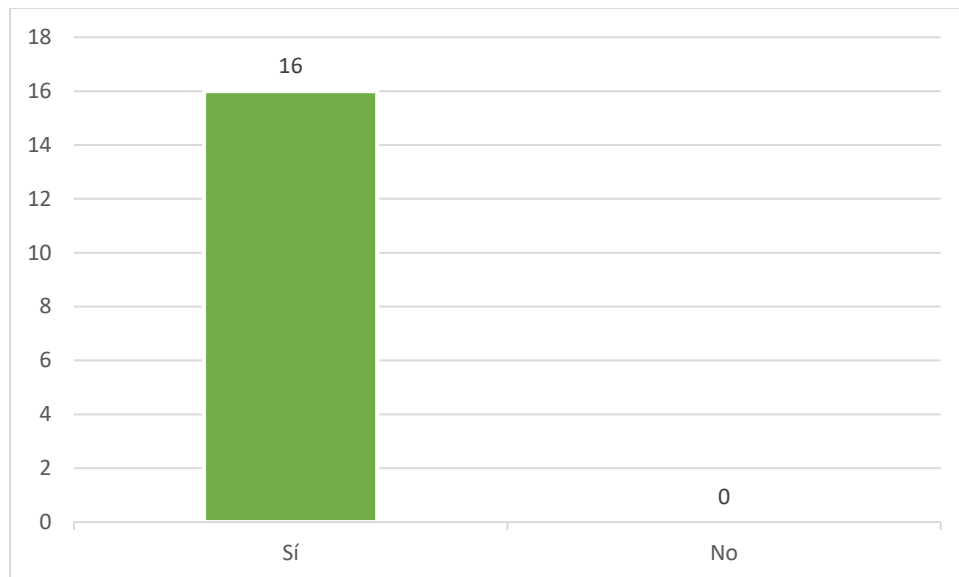
ver una diferencias entre estudiantes de años superiores en comparación con estudiantes de los primeros años de la carrera.

**Figura 58.** Comparación de las notas de los exámenes Pre y Post del uso de la aplicación



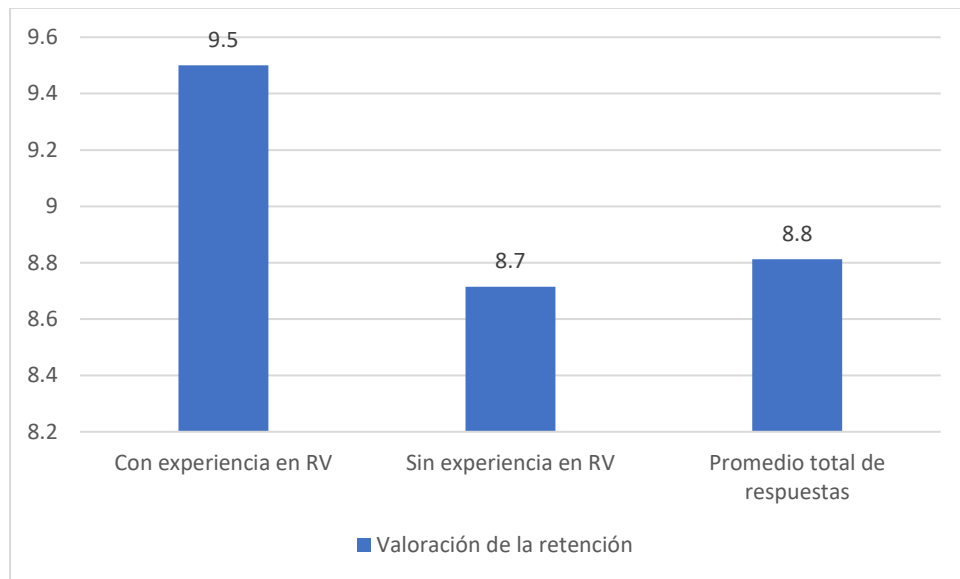
Lo más importante a destacar de las respuestas obtenidas en las encuestas, son las respuestas de la satisfacción de los usuarios. Siendo que el 100% afirma que la aplicación ya está en condiciones de uso, como apoyo en el aprendizaje de algún curso como se puede ver en la Figura 59.

**Figura 59.** Consideración de uso de la aplicación como apoyo en algún curso



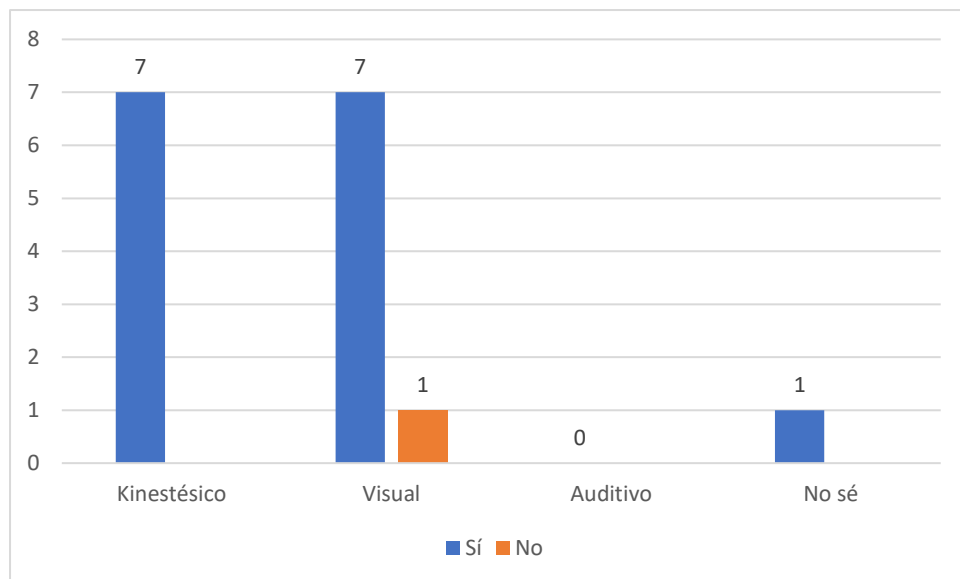
Junto con este resultado, los usuarios, el 93.75% de éstos, consideran que la aplicación les ayudó a retener y comprender la información, en un 80,90 y 100 por ciento. Dando como resultado, en una escala del 1 al 10, que para las personas con experiencia en el uso de la realidad virtual la aplicación tiene una calificación promedio de 9.5. Para las personas que no tenían esa experiencia, la valoración de la aplicación es de 8.7. Esto da como resultado una calificación promedio de 8.8, que se evidencia en la Figura 60. A estos resultados se les debe agregar que el 90% de los participantes reportan haberse sentido más motivados a aprender sobre los temas que se pueden abarcar con el diseño actual de la aplicación (Figura 61).

**Figura 60. Valoración de la retención**



El 87.5% de los estudiantes reporta sí sentirse más motivado a aprender, luego de usar la aplicación. El tipo de aprendizaje de estos es: kinestésico y visual. El tipo de aprendizaje kinestésico es el que más necesita de las actividades prácticas para entender de mejor manera lo que se quiere aprender.

**Figura 61. Motivación a aprender vs tipo de aprendizaje**



Así que, aunque los resultados de los exámenes no fueron los esperados, el recibimiento y aprobación que tuvo la aplicación fue muy positivo. Por ende, se considera que la aplicación sí puede llegar a generar una mejora del 10% o superior, pero se necesita más tiempo y desarrollo de esta para comprobar con los exámenes.

### **9.2.2. Catedráticos**

Se les solicitó a los catedráticos entrevistados en el apartado 5.1 *Catedráticos* que probaran la aplicación. Estos emitieron un juicio basado en su experiencia sobre cómo lo incluirían dentro de su forma de enseñanza, así como la cantidad de tiempo que esta podría reducir o si en caso no lo hiciera y se utilizara únicamente como una actividad extra. Esto basándose en las funciones y la versión disponible al momento de realizar este trabajo.

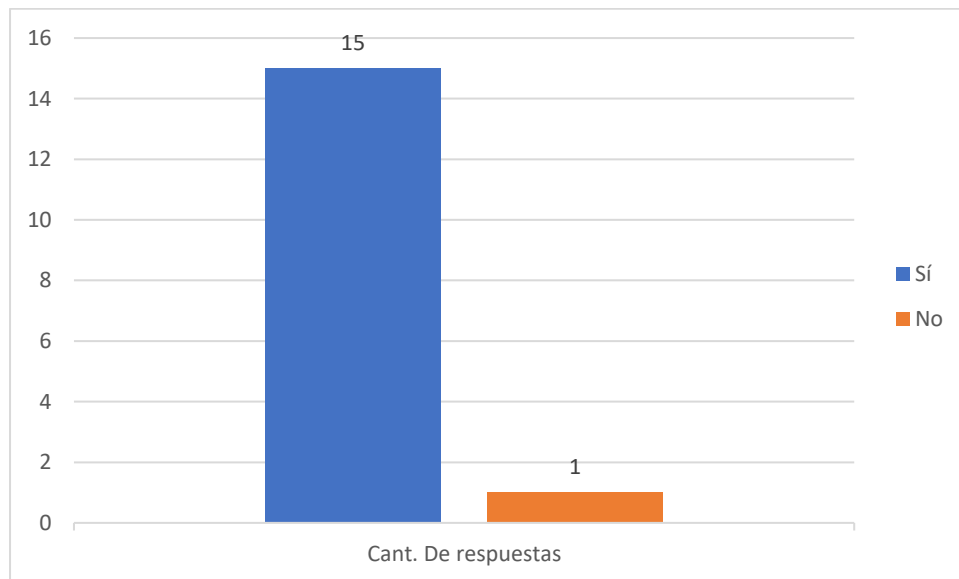
El resultado fue que la catedrática 1, considera que esta aplicación permitiría a los estudiantes una mayor retentiva sobre los temas al ser los mismos estudiantes quienes realizan la actividad que están estudiando. La cual, en este caso, es realizar shucos. De igual manera menciona que el posible tiempo de clase que podría reducirse es de una semana (3 sesiones de clase o menos). Estas 3 sesiones suponen la mitad del tiempo que se esperaba realizar. Sin embargo, cabe destacar que la catedrática también reporta que los temas siempre se deben volver a explicar conforme se avanza, debido a que los alumnos ya no lo recuerdan; y con el uso de la aplicación podría ser que sea más fácil que se recuerden. Debido a que este tiempo de “recapitulación” no está completamente contemplado, ni contabilizado, es posible que al sumar la disminución de este tiempo más la reducción en el tiempo de clase, sí puedan igualar o superar al porcentaje de mejora planteado al inicio de este trabajo.

La catedrática 2 indicó que podría no haber una disminución significativa en el tiempo de clases, sino en una redistribución de este. Haciendo algunas de las clases teóricas más cortas al ser más fácil de visualizar y entender, teniendo un aumento en el tiempo de práctica de los alumnos. Consecuentemente el tiempo necesario para resolver la práctica de laboratorio se ve reducido ya que su curva de aprendizaje ya está más avanzada o ya solventaron las dudas iniciales, durante la clase de teoría.

Ambas catedráticas destacan que: podría ayudar a la retención del aprendizaje y mejorar el cuánto logran recordar los alumnos. Esto se ve apoyado por la retroalimentación de los alumnos, quienes como se ve en la calificación de la percepción de aprendizaje es de más de un 80%. Junto con el hecho de que los alumnos se sienten más motivados a aprender, usando la aplicación.

Al comparar la opinión de las catedráticas se puede concluir que existe un cierto nivel de ayuda en la retención del aprendizaje, al ayudar a los estudiantes a recordar. Esto se encuentra reflejado en la retroalimentación de los alumnos, obteniendo como resultado una percepción de aprendizaje del 88% en promedio. La motivación por aprender al utilizar la aplicación por parte de los estudiantes se ve reflejado en la Figura 62. Respuestas a la motivación.

**Figura 62.** *Respuestas a la motivación*



Se esperaba que luego de utilizar la aplicación los estudiantes obtuvieran una mayor nota, en comparación con el examen que realizaron previo al uso de la aplicación. Con base en los datos obtenidos, tanto de catedráticos como de estudiantes, a pesar de que los resultados en los exámenes no fueron los esperados, la aplicación sí puede mejorar la forma en la que se enseña el Diseño de Área de Trabajo. Esto debido a que no solo motiva a los alumnos, sino que se pueden mezclar diferentes temáticas de diferentes cursos, es una

actividad práctica y divertida para los estudiantes y éstos se sienten más motivados a aprender sobre los temas.

En resumen, la aplicación en su estado actual si puede crear una mejora del 70.38% tomando en cuenta la percepción de los alumnos, y la mejora en costos al aprovechar los recursos disponibles.

**Tabla 29.** *Cálculo de mejora general*

	Satisfacción de usuario	Mejora en retención	Mejora en costo	Mejora en exámenes	Mejora General del proyecto
% de mejora	88.00%	93.75%	99.75%	0.00%	70.38%

## 10. Conclusiones

1. Con base en los datos recopilados se puede concluir que, si bien los elementos básicos del programa de iniciativa académica se integran en la enseñanza, no abarcan todas las necesidades de los diferentes tipos de aprendizaje presentes en el aula. Los alumnos también han expresado una falta de actividades prácticas. Se recomienda revisar y adaptar la metodología para incluir un enfoque más práctico, fomentando un aprendizaje más completo y significativo. La implementación de una aplicación de realidad virtual con características específicas podría beneficiar tanto a catedráticos como a alumnos, satisfaciendo sus necesidades tanto en un escenario sincrónico como asincrónico.
2. Se conceptualizó la aplicación de realidad virtual con todas las funciones necesarias para cumplir con las necesidades encontradas. Además, se realizó un prototipo básico, funcional de la aplicación en la que es posible realizar shucos en un tiempo determinado. El diseño contempla varias etapas porque en la versión actual, no se logran visualizar todos los temas.
3. Basado en los datos y los supuestos planteados en el análisis de costo, se puede concluir que realizar la aplicación es viable y un 99.75% más barato que el método tradicional. Y si se contempla, que en realidad se están aprovechando los recursos ya disponibles y no existe una inversión aparte para el desarrollo, el desarrollo se vuelve aún más barato.
4. No se encontró una diferencia significativa en los resultados de las evaluaciones. Esto se pudo deber a que a aplicación se encuentra en una versión que no tiene todas las características necesarias, por lo que se necesita más tiempo y desarrollo. Además, la aplicación tiene, en el nivel actual de desarrollo, beneficios cualitativos a mediano y largo plazo.
5. La aplicación en su versión actual, a la redacción de este trabajo, puede mejorar la eficiencia con la que se enseña el diseño de áreas de trabajo en un 70.38% en promedio, tomando en cuenta la mejora en costos, los exámenes de evaluación y la mejora percibida por los participantes.

## 11. Recomendaciones

1. Se recomienda contratar más de un programador para realizar la aplicación, y así alcanzar más rápido las metas de implementación de los diferentes elementos.
2. Se sugiere capacitar a los programadores en realidad virtual con al menos 6 meses de anticipación y explorar varios *softwares* de desarrollo, para evitar posibles problemas al usar un único entorno.
3. Se recomienda agregar más distribuciones de probabilidad, como mínimo todas las disponibles en input Analyzer, con el fin de utilizarlas en caso los datos del alumno tengan una distribución diferente a Poisson.
4. En el laboratorio se tienen diferentes modelos de los visores de realidad virtual, lo que permitiría retrocompatibilidad y usar accesorios como el *leap motion* en futuras versiones de la aplicación y que estas sigan funcionando en los visores más recientes como el Oculus Quest y Quest 2.
5. Para la investigación, diseño y ejecución de un proyecto de realidad virtual se debe disponer de al menos 2 años, este fue el tiempo que se utilizó para la realización de este trabajo.
6. Por último, se recomienda continuar con el desarrollo del proyecto y realizar la evaluación correspondiente para evaluar la influencia de las mejoras realizadas.

## 12. Referencias

- Agriculture, U. S. (02 de agosto de 2017). *Cutting Boards-U. S. Department of Agriculture*. Cutting Boards-Food Safety and Inspection Service.
- Agriculture, U. S. (15 de noviembre de 2022). *Cross-Contamination-U. S Department of Agriculture*. Cross-Contamination-Food Safety Inspection Service: <https://www.fsis.usda.gov/food-safety/safe-food-handling-and-preparation/food-safety-basics/washing-food-does-it-promote-food>
- Alvarado, Y., Jofré, N., Rosas, M., y Guerrero, R. (2019). Aplicaciones de Realidad Virtual y Realidad Aumentada como soporte en la enseñanza del dibujo técnico. San Luis, Argentina.
- Álvarez-Cabrera, P. L., Lagos-Lazcano, J. P., Carlos Ríos, M. A., y Urtubia Medina, Y. (Septiembre de 2022). Microtransacciones y su relación con la impulsividad, inteligencia emocional y el uso problemático de videojuegos en una muestra de 18 y 30 años. Chile.
- Amazon. (s.f.). *Amazon.com: Iceberg OfficeWorks Mesa de entrenamiento móvil, melamina laminada., Gris, 1 : Productos de Oficina*. <https://shorturl.at/JCosq>
- Amazon. (s.f.). *Amazon.com: Office Star Silla plegable de plástico ventilado de lujo, 2 unidades, tela sin carbón : Hogar y Cocina*. <https://shorturl.at/JVPUm>
- Anderson, Sweeny, Williams, Camm, y Cochran. (2015). *Estadística para Negocios y Economía*. Cengage Learning.
- Berrones Zuñiga, J. E. (2019). Estudio de mercado para el programa de producción, transformación y promoción del consumo de la quinua y sus derivados. Riobamba, Ecuador.
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2023). *Resolución CNEE-253-2023*. Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
- Computrabajo. (18 de abril de 2023). *Salarios Auxiliar de Limpieza*. Computrabajo: <https://gt.computrabajo.com/salarios/auxiliar-de-limpieza#:~:text=El%20sueldo%20medio%20para%20el,de%202%2C778%20Q%20al%20mes.>
- Departamento de Seguros de Texas, D. (2021). *La ergonomía para la Industria en General*. Texas, United States of America: Texas Department of Insurance, Division of Workers' Compensation.
- Distelsa, M. (2023). *Samsung QN65Q65CA 65" Smart QLED TV 4K-Ultra HD*. <https://www.max.com.gt/tv-y-video/televisores/samsung-qn65q65ca-65-smart-qled-tv-4k-ultra-hd-samsung-qn65q65ca>

- Freivalds, A., y Niebel, B. W. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Granado Muñoz, R. (01 de enero de 2020). Revisión teórica de herramientas metodológicas aplicadas a la investigación criminológica. México.
- Ibarguen Mosquera, A. F., y Rodriguez Vanegas, R. D. (2021). Propuesta de un sistema de costeo directo en negocios procesadores y comercializadores de maní dulce y salado en el municipio de Cartago Valle de Cauca. Cartago, Valle de Cauca.
- Innovation, 2. I. (2018). *Book of Abstracts*. Netherlands: Adaya Press.
- Instituto Nacional de Estadística. (enero de 2023). Índice de precios al consumidor Diciembre 2022. Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Jimenez Hernandez, D., Sancho Requena, P., y Sánchez Fuentes, S. (29 de enero de 2021). Estudio acerca de las opiniones del profesorado universitario en la Región de Murcia sobre la formación de métodos activos. España.
- Lang, B. (22 de abril de 2022). *Meta: 124 Quest Apps Have Earned More Than \$1M, 8 Have Earned More Than \$20M*. Road to VR: <https://www.roadtovr.com/oculus-quest-store-revenue-stats-data-apps-earning-1-million-meta-gdc/>
- López Belmonte, J., Pozo Sánchez, S., Morales Cevallos, M. B., y López Meneses, E. (marzo de 2019). COMPETENCIA DIGITAL DE FUTUROS DOCENTES PARA EFECTUAR UN PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL. España.
- Márquez Alemán, M. A. (abril de 2022). Estudio de prefactibilidad de un campus autónomo en energía eléctrica sostenible operando como microrred para el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Max-Distelsa. (s.f.). Laptop Lenovo Yoga Ryzen 5, 8GB, 256GB, 14". Guatemala, Guatemala, Guatemala. Obtenido de <https://www.max.com.gt/laptop-lenovo-yoga-ryzen-5-8gb-256gb-14-lenovo-82a2007flm>
- Meoño Artiga, L. P. (agosto de 2008). Mixtas, hot dogs y shucos: aproximación a las transformaciones de la comida popular de la ciudad de Guatemala. Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Miranda Consuegra, B. I., García Monterrosa, H. A., Herrarte Rodríguez, E. E., Ramírez Pacheco, J. R., Castellanos Bonilla, L. F., Guzmán Chete, M. E., . . . Peñate López, L. A. (febrero de 2023). Encuesta Nacional de Empleo e Ingresos 2022. Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Moreno Martínez, N. M., López Meneses, E., y Leiva Olivencia, J. J. (2018). El uso de las tecnologías emergentes como recursos didácticos en ámbitos educativos. España.
- Mosayhuate Sagal, S. A., y Puma Carvajal, J. A. (2019). Aplicación de realidad virtual para la mejora del aprendizaje de operaciones logísticas internacionales en Sun Line Logistics S.A.C. Lima, Perú.

- Navarro-Mateos, C., Pérez-López, I. J., y Femia Marzo, P. (2021). La gamificación en el ámbito educativo español: revisión sistemática. España.
- Oña Gamboa, V., Miniguano, D., Camacho, G. A., y Naranjo Villota, D. A. (octubre-diciembre de 2019). La influencia de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en la educación superior. Ecuador.
- Percy Alberto, J. H. (2020). Implementación de herramientas lean manufacturing en el proceso productivo de maquinarias de la empresa CODEM TECH PERÚ S.A. Lima, Perú.
- Riquelme, M. (s.f.). *Web y Empresas*. Obtenido de Tasa de Retorno Mínima:  
<https://www.webyempresas.com/tasa-de-retorno-minima/>
- Rolón-Rodriguez, B. M., Picón-Angarita, H. L., y Caselles-Hernández, C. C. (15 de mayo de 2021). La psicología del color en el diseño. San José de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.
- Sócola Lopez, A. H., Medina Marchena, A., y Olaya Guerrero, L. M. (septiembre de 2020). Las 5s, HERRAMIENTA INNOVADORA PARA MEJORAR LA PRDUCTIVIDAD. Piura, Perú.
- Sousa Ferreira, R., Campanari Xavier, R. A., y Rodriguez Ancieto, A. S. (1 de enero de 2021). Realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. Brasil.
- Velasquez-Carrascal, B. L., Picón-Angarita, H. L., y Caselles-Hernandez, C. (julio-diciembre de 2020). *La psicología del color en el diseño*. Obtenido de Revista convicciones:  
<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/657>
- Vilar, N. (diciembre de 2021). Storyboard y una narrativa gráfica y literaria. Palermo.
- Villanova, U. (22 de abril de 2022). *Universidad Villanova*. Obtenido de What is Poka-Yoke?:  
<https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/what-is-poka-yoke/>
- Ya se pueden enviar documentos conceptuales, un proceso previo necesario si queremos publicar juegos en la store de Quest.* (12 de marzo de 2019). Obtenido de Relao Virtual:  
<https://www.realovirtual.com/noticias/6517/oculus-abre-proceso-solicitud-store-quest>


## 13. Anexos


Los siguientes anexos están divididos en los diferentes elementos que se utilizaron para el análisis y desarrollo de este trabajo. Por cuestiones de espacio y visualización se separan las partes de un mismo recurso, en varias imágenes.

**Figura 63.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 1

### Encuesta a estudiantes-Trabajo Profesional

Esta encuesta es para poder cuantificar la experiencia de los estudiantes que pasaron el curso de Ingeniería de Métodos 1 de manera presencial, híbrido o virtual. Todos los datos proporcionados serán anónimos y solo el encuestador y el asesor tendrán acceso. Los datos se usarán en el trabajo de Profesional, como línea base de investigación. Estos pueden ser o no publicados. Al aceptar llenar la encuesta, se acepta el uso de y publicación de los datos.

her181098@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

\* Indica que la pregunta es obligatoria

Haz leído el consentimiento informado y estás de acuerdo con participar en la encuesta \*

Sí

**Figura 64.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 2

¿En qué año de la carrera estás? \*

Segundo

Tercer

Cuarto

Quinto

Sexto

---

¿Qué carrera estudias? \*

Ingeniería Industrial

Ingeniería Mecánica Industrial

Ingeniería Civil Industrial


Ingeniería Química Industrial

Ingeniería en alimentos industrial

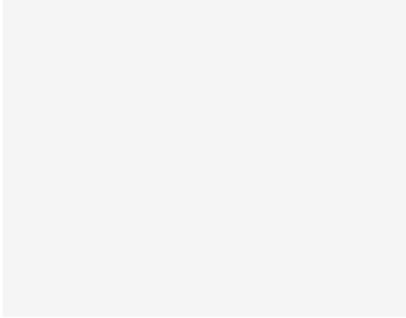
Otro: \_\_\_\_\_

**Figura 65.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 3

¿Quién fue tu catedrático de Métodos 1? \*




Vivian Sigüenza



Sara Pineda

Otro:  
\_\_\_\_\_



Maria del Carmen

---

¿En qué año recibiste métodos 1? \*

2018

2019

2020

2021

2022

**Figura 66.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 4

**Información sobre Diseño de Área de Trabajo**

¿Recuerdas el tema de "Diseño de área de trabajo"?

No

Sí

---

¿Cómo aprendiste el tema de Diseño de área de trabajo?

Presencial

Híbrido

Virtual

---

Marca todos los temas que consideres que "Diseño de área de trabajo" incluye

Seguridad Industrial

Fatigas

Iluminación

Ergonomía

Poka-Yoke

Estudios de tiempos y movimientos

Limpieza

Orden

Disciplina

Calificación del operario

**Figura 67.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 5

¿Cambiarías la forma en la que se enseña el tema de Diseño de área de trabajo? \*

Sí

No

¿Hay algo que mejorarías de la enseñanza del diseño de área de trabajo? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

En escala del 1-10, siendo 1 algo irrelevante y 10 algo completamente relevante \*  
para la carrera ¿Qué tan importante considera que es, el tema de "Diseño de área de trabajo"?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

**Figura 68.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 6

Recursos Extra-aula

¿Conoces el laboratorio de Realidad virtual? \*

Sí

No

¿Has usado realidad virtual en algún curso o en la biblioteca? \*

Si lo has usado en algún otro curso agrega el curso en el que lo usaste

Sí

No

Otro: \_\_\_\_\_

**Figura 69.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 7

**¿Cómo se reciben las clases?**

¿Sueles leer los temas antes de entrar a clase? \*

Sí

No

¿Tienes comprobación de lectura al inicio de cada clase? \*

Sí

No

Algunas veces (1 de cada 4 clases hay corto)

Casi nunca (pasan más de 4 clases sin comprobación de lectura)

Como estudiante ¿Qué crees que es lo correcto? \*

Leer el tema antes de cada clase

El catedrático debe enseñar por completo el tema

El estudiante debe aprender por su cuenta

En las clases solo se debería de resolver dudas y hacer los laboratorios

Se deben incluir cosas como juegos u otros métodos para aprender de mejor manera

Las clases magistrales son la mejor forma de aprender

**Figura 70.** Encuesta a estudiantes que ya aprobaron el curso de Ing. de Métodos 1, parte 8

¿Qué sueles hacer cuando tienes dudas sobre algún tema? \*

- Le pregunto a un amigo
- Le pregunto al "inteligente" o al aplicado de la clase
- Le pregunto al catedrático
- Lo busco en internet
- Lo ignoro
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Consideras que las clases magistrales son la mejor forma de aprender? \*

- Sí
- No


¿Conoces tu canal de aprendizaje? \*


- Visual
- Auditivo
- Kinestésico
- No sé

**Figura 71.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 1

## Encuesta a estudiantes-Trabajo Profesional

Esta encuesta es para poder cuantificar la experiencia de los estudiantes que no han llevado el curso de Ingeniería de Métodos 1. Todos los datos proporcionados serán anónimos y solo el encuestador y el asesor tendrán acceso. Los datos se usarán en el trabajo de Profesional, como línea base de investigación. Estos pueden ser o no publicados. Al aceptar llenar la encuesta, se acepta el uso de y publicación de los datos.

her181098@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

\* Indica que la pregunta es obligatoria

Haz leído el consentimiento informado y estás de acuerdo con participar en la encuesta \*

Sí

**Figura 72.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 2

¿En qué año de la carrera estás? \*

Primero

Segundo

Tercer

Cuarto

Quinto

Sexto

Escoge el rango de edad en el que te encuentres \*

17-20 años

21-24 años

25-28 años

más de 28 años

¿Qué carrera estudias? \*

Elige ▼

**Figura 73.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 3

Información sobre Diseño de Área de Trabajo

¿Sabes algo sobre Diseño de Área de Trabajo? \*

Sí

No

Marca todos los temas que consideres que "Diseño de área de trabajo" incluye \*

Seguridad Industrial

Fatigas

Iluminación

Ergonomía (Estudio de las condiciones de adaptación de un lugar de trabajo, una máquina, un vehículo, etc., a las características físicas y psicológicas del trabajador o el usuario.)

Poka-Yoke (Que todo sea fácil de entender y evitar errores de usuario, todo contemplado desde el diseño)

Estudios de tiempos y movimientos

Limpieza

Orden

Disciplina

Calificación del operario

**Figura 74.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 4

Consideras que la persona que va a realizar la tarea o actividad necesita acomodarse a esta o la tarea se tiene que diseñar acorde a la persona \*

Las áreas de trabajo deben ser estándar y cada quien se debe adaptar o el área de trabajo se debe diseñar y modificar acorde a quién va a realizar el trabajo

Sí

No

Se debe encontrar un punto medio

---

¿Alguna vez una silla, mesa, escritorio o algún mobiliario te ha quedado muy pequeño o muy grande? \*

Sí, muy grande

Sí, muy pequeño

No me ha pasado

---

En escala del 1-10, siendo 1 algo irrelevante y 10 algo completamente relevante \*  
para la carrera ¿Qué tan importante considera que es, el tema de "Diseño de área de trabajo"?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

**Figura 75.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 5

Recursos Extra-aula

¿Conoces el laboratorio de Realidad virtual? \*

Sí

No

¿Has usado realidad virtual en algún curso o en la biblioteca? \*

Si lo has usado en algún otro curso agrega el curso en el que lo usaste

Sí

No

Otro: \_\_\_\_\_

**Figura 76.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 6

¿Cómo se reciben las clases?

¿Sueles leer los temas antes de entrar a clase? \*

Sí

No

¿Tienes comprobación de lectura al inicio de cada clase? \*

Sí

No

Algunas veces (1 de cada 4 clases hay corto)

Casi nunca (pasan más de 4 clases sin comprobación de lectura)

Como estudiante ¿Qué crees que es lo correcto? \*

Leer el tema antes de cada clase

El catedrático debe enseñar por completo el tema

El estudiante debe aprender por su cuenta

En las clases solo se debería de resolver dudas y hacer los laboratorios

Se deben incluir cosas como juegos u otros métodos para aprender de mejor manera

Las clases magistrales son la mejor forma de aprender

**Figura 77.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 7

¿Qué sueles hacer cuando tienes dudas sobre algún tema? \*

- Le pregunto a un amigo
- Le pregunto al "inteligente" o al aplicado de la clase
- Le pregunto al catedrático
- Lo busco en internet
- Lo ignoro
- Otro: \_\_\_\_\_

¿Qué forma de recibir clases consideras que te permite un mejor aprendizaje? \*

- Presencial
- Híbrido
- Virtual

¿Cuál consideras que es la forma más cómoda o conveniente para aprender? \*

- Presencial
- Híbrido
- Virtual

¿Consideras que las clases magistrales son la mejor forma de aprender? \*

- Sí
- No

**Figura 78.** Encuesta a estudiantes que no han cursado Ing. de Métodos 1, parte 8

¿Conoces tu canal de aprendizaje? \*

Visual

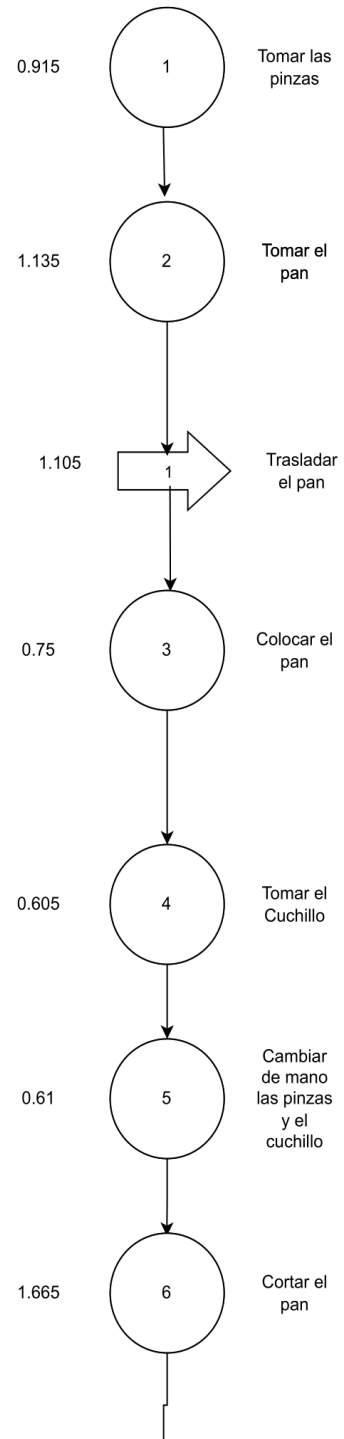
Auditivo

Kinestésico

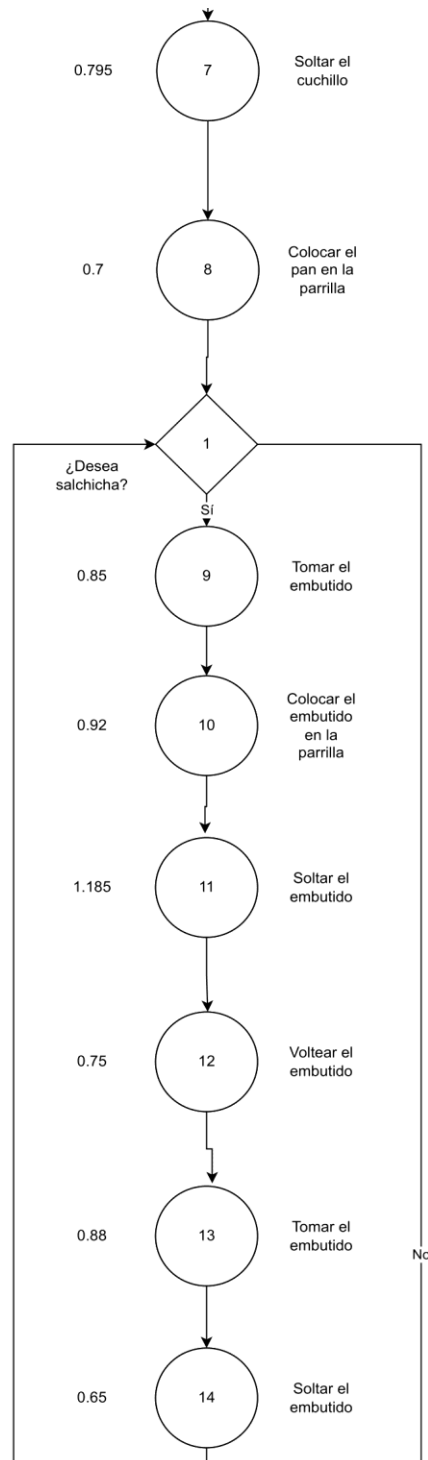
No sé

Atrás    Enviar    Borrar formulario

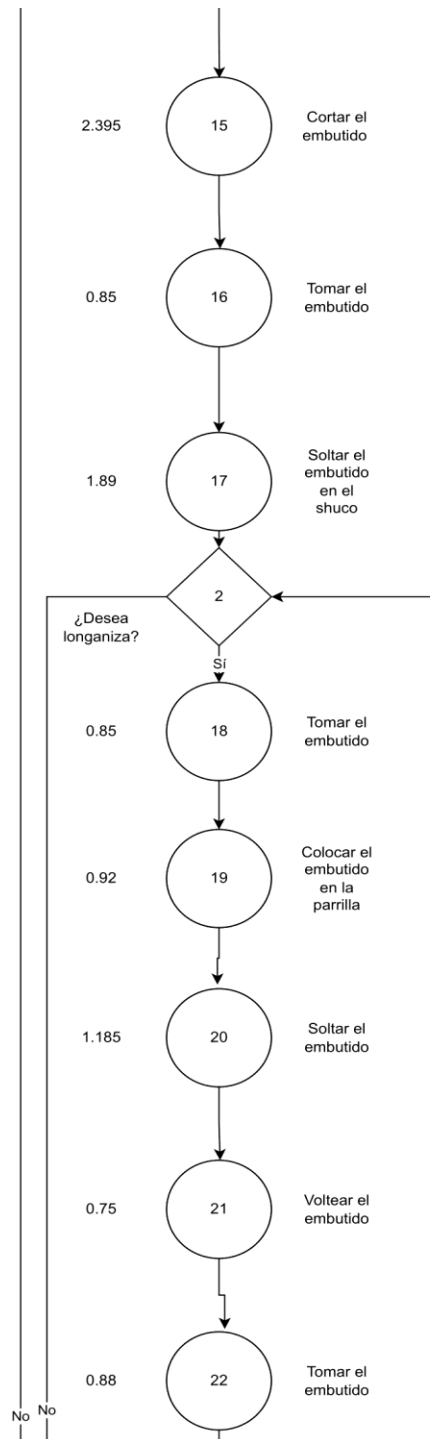
**Figura 79.** *DOP de la preparación de un shuco, parte 1*



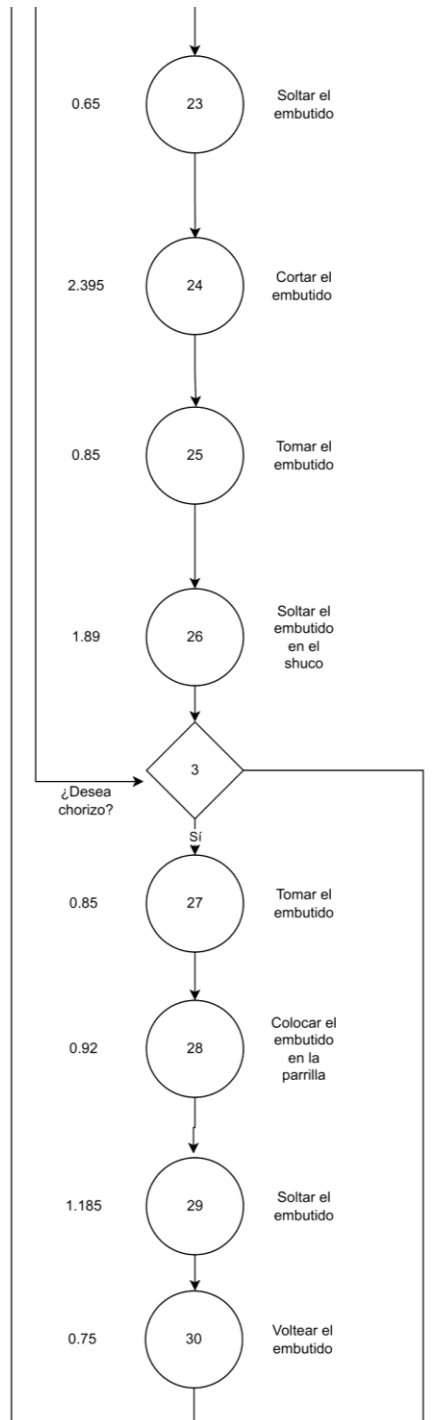
**Figura 80.** DOP de la preparación de un shuco, parte 2



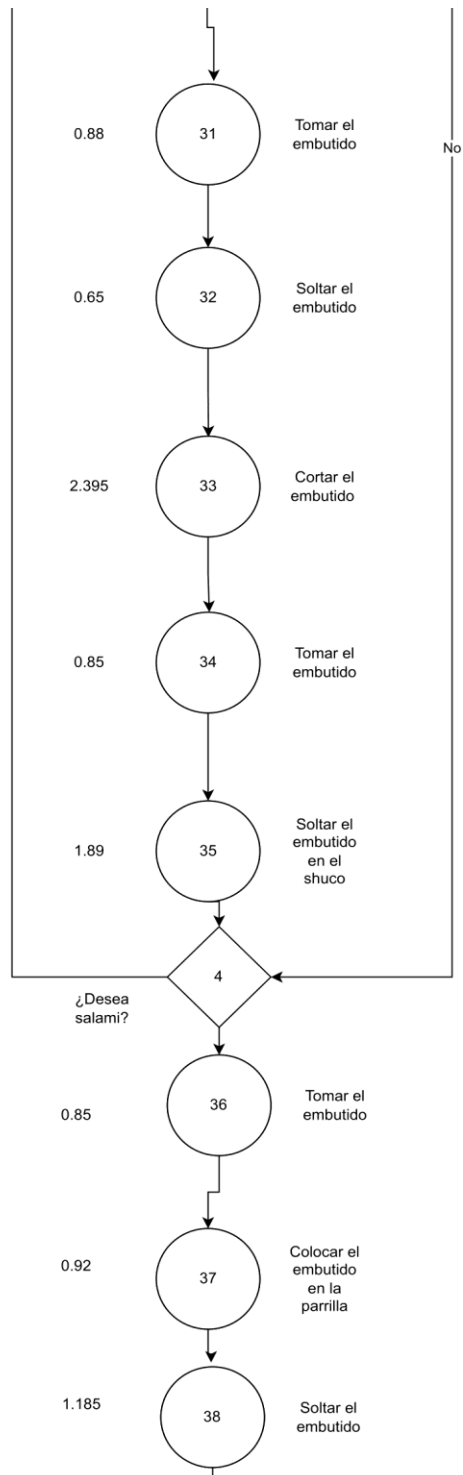
**Figura 81.** DOP de la preparación de un shuco, parte 3



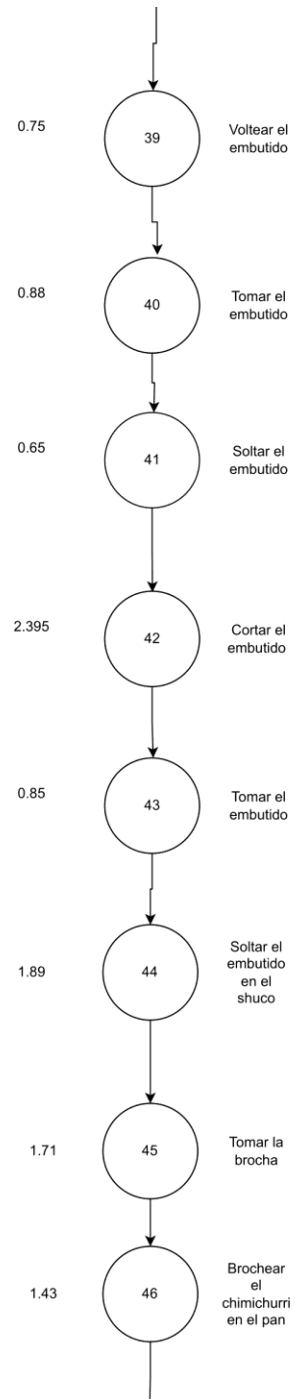
**Figura 82.** DOP de la preparación de un shuco, parte 4



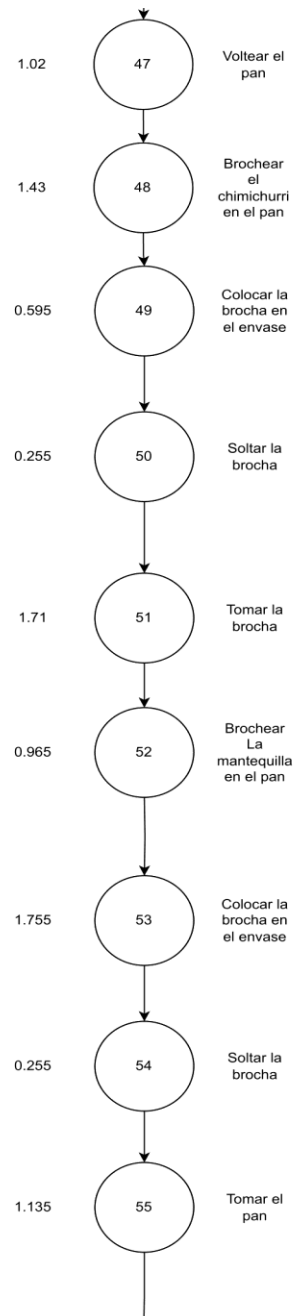
**Figura 83.** DOP de la preparación de un shuco, parte 5



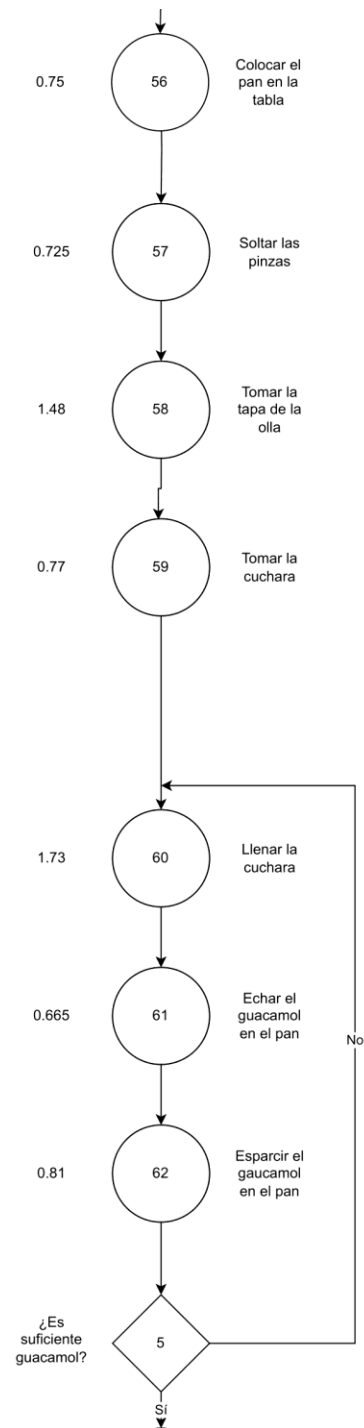
**Figura 84.** DOP de la preparación de un shuco, parte 5



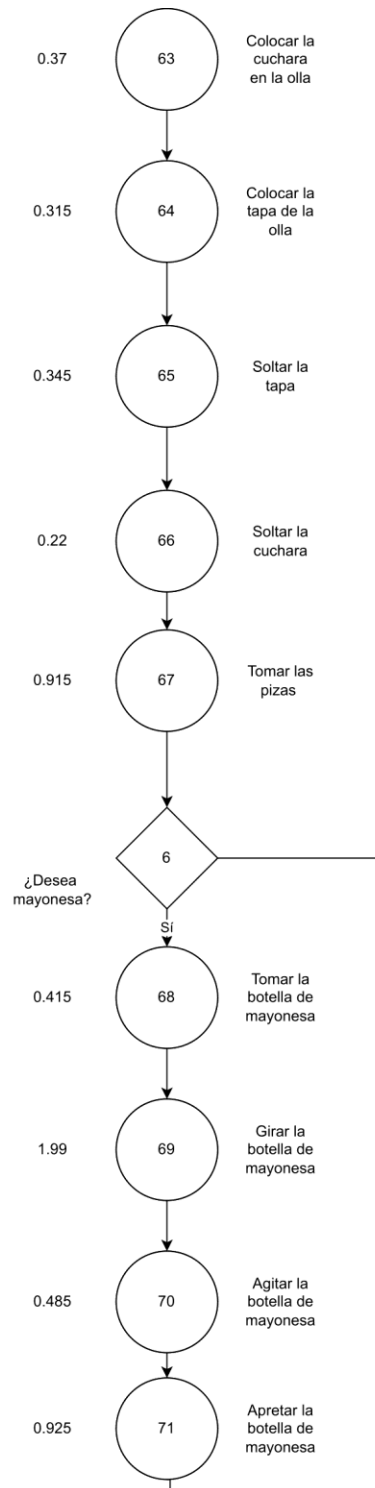
**Figura 85.** DOP de la preparación de un shuco, parte 6



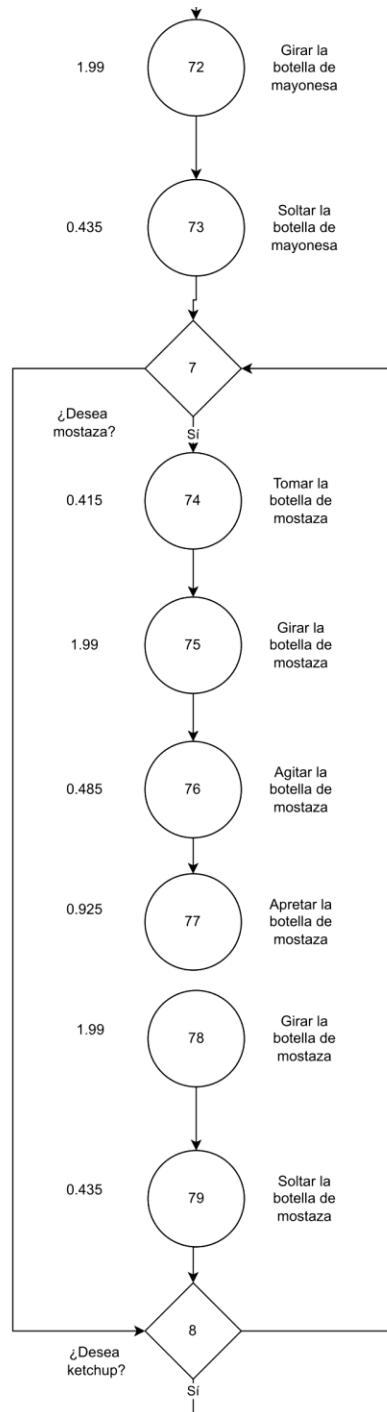
**Figura 86.** DOP de la preparación de un shuco, parte 7



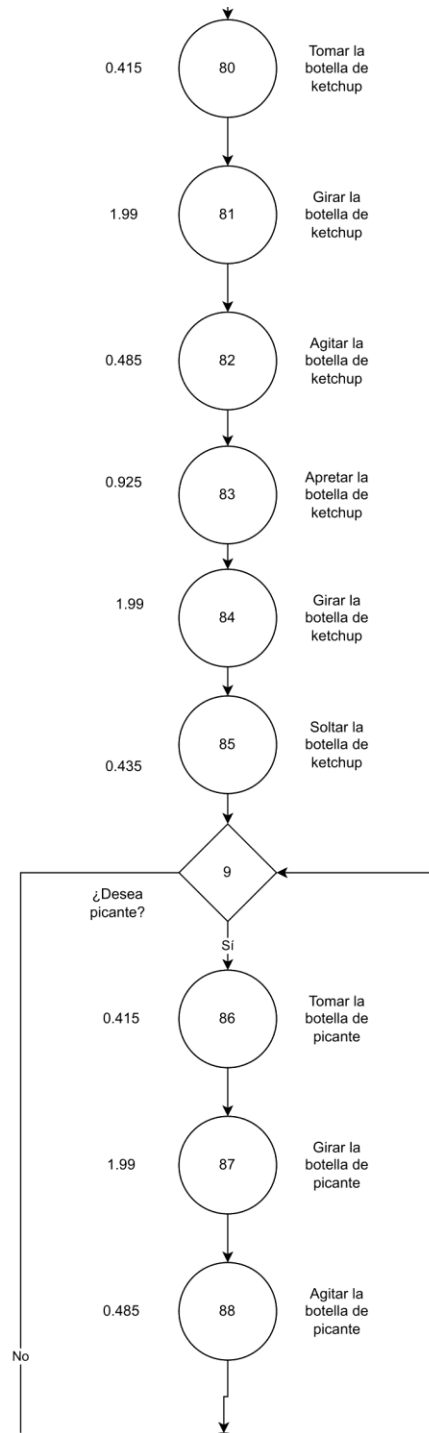
**Figura 87.** DOP de la preparación de un shuco, parte 8



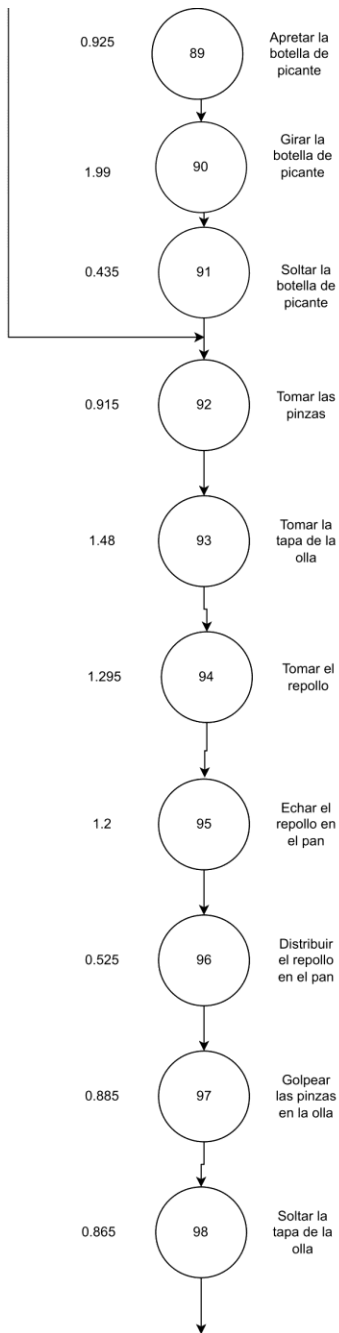
**Figura 88.** DOP de la preparación de un shuco, parte 9



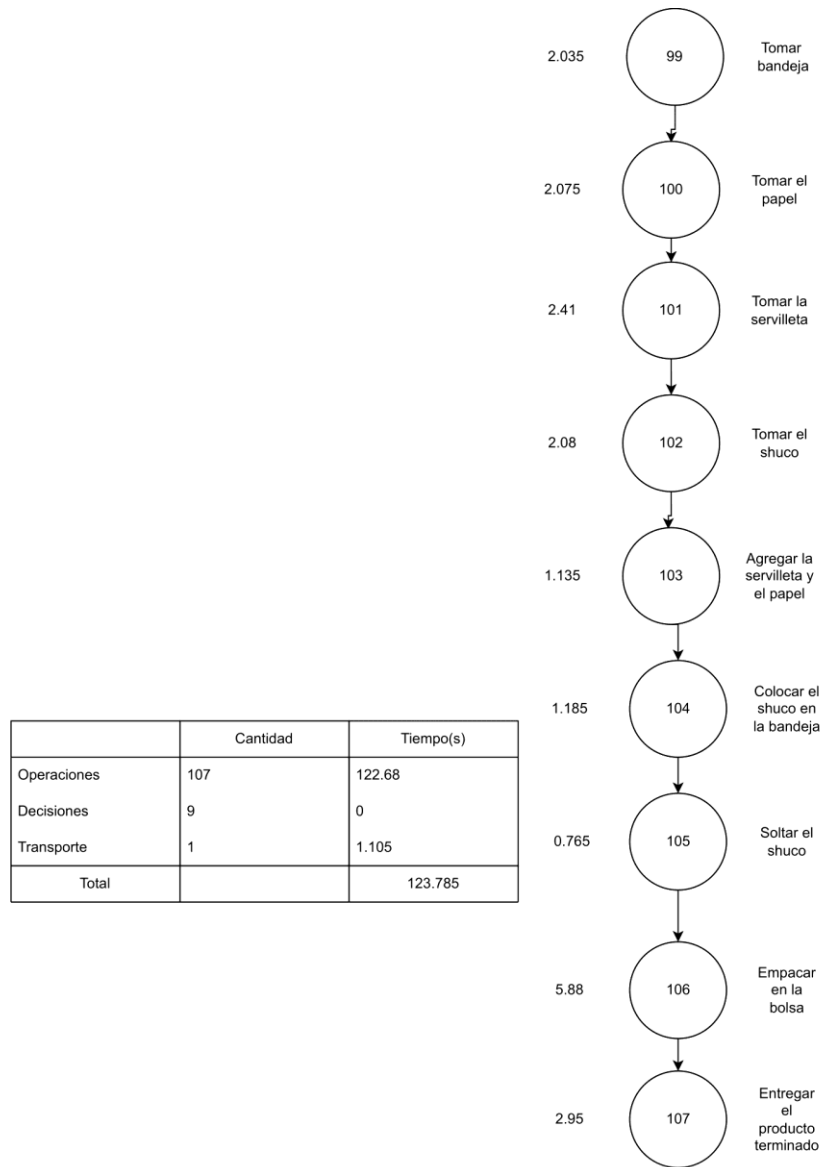
**Figura 89.** DOP de la preparación de un shuco, parte 10



**Figura 90.** DOP de la preparación de un shuco, parte 11



**Figura 91.** DOP de la preparación de un shuco, parte 12




**Figura 92. Examen Pre-aplicación, parte 1**

## Examen de control

Se está realizando esta encuesta para un trabajo de graduación y se solicita su participación. Los resultados de la encuesta serán utilizados como sustento para la investigación. Las respuestas individuales solo serán visibles para el encuestador y su asesora. En el trabajo solo se presentarán el conjunto de respuestas correspondientes a cada pregunta como resultados de la encuesta.

Si está de acuerdo en participar, por favor firme este consentimiento informado. Al decidir participar, usted acepta cumplir con todos los demás requerimientos, encuestas y/o preguntas que se le puedan hacer durante y después del proceso de esta encuesta. Si tiene alguna pregunta o inquietud, no dude en ponerse en contacto con el encuestador.

her181098@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

\* Indica que la pregunta es obligatoria

Correo electrónico \*

Registrar her181098@uvg.edu.gt como el correo que se incluirá al enviar mi respuesta

**Figura 93. Examen Pre-aplicación, parte 2**

Correo \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Nombre \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

He leído y acepto el consentimiento informado \*

Sí

**Figura 94.** Examen Pre-aplicación, parte 3

Primer parte-Opción Múltiple

Seleccione las respuestas correctas a las preguntas, según corresponda

¿Cuáles son los elementos que se deben incluir en una carta de ensamble? \*

- Cuadro de resumen, fotos, codificación de las piezas, diagrama para su ensamble
- Cuadro de resumen, tiempos, numeración de cada operación, diagrama
- Tareas, responsable de las tareas, tareas predecesoras, tareas sucesoras y tiempos

Define el tiempo de ciclo \*

- El tiempo de ciclo se refiere a la duración de tiempo que un proceso de producción toma en completarse
- El tiempo de ciclo es el intervalo de tiempo entre la iniciación de dos ciclos consecutivos del proceso.
- El tiempo de ciclo es el tiempo requerido para producir una sola unidad de un producto

**Figura 95.** Examen Pre-aplicación, parte 4

¿Cuáles son los tipos de holguras? \*

- Constantes
- Variables
- Especiales
- Moderadamente variables
- Distracciones
- Retrasos

De los diferentes tipos de proceso, elija el que más se adecue a una carreta de shucos \*

- Taller de Trabajo
- Taller por lotes
- Línea de ensamble
- Flujo continuo
- Prueba
- Ensamble
- Conversión
- Fabricación
- Make to Stock
- Make to order
- Híbrido (es aquel que combina características y elementos de dos o más sistemas de producción diferentes)

**Figura 96.** Examen Pre-aplicación, parte 5

¿Cuáles son los tipos de movimientos en la metodología MOST? \*

- Controlado
- General
- Uso de herramienta/equipo
- Todas son correctas
- Movimientos complejos

¿Cuál es el enunciado que define un TMU? \*

- Un TMU es una técnica utilizada para controlar la calidad en los procesos de producción.
- Un TMU es un método de cálculo utilizado para determinar el costo de un producto en la línea de producción.
- Un TMU es una herramienta utilizada para medir el tiempo que un trabajador tarda en realizar una tarea específica.

¿Qué es la ergonomía? \*

- La ciencia que estudia la relación entre el hombre y su entorno laboral
- Un proceso para mejorar la calidad de los productos
- Una técnica para aumentar la productividad de los trabajadores
- Un sistema para reducir los costos de la empresa

**Figura 97.** Examen Pre-aplicación, parte 6

¿Cuál es la función de un bimanual? \*

- La función de un bimanual es proporcionar soporte y estabilidad para ambas manos del operador durante la realización de tareas manuales que requieren la coordinación de ambas manos.
- La función de un bimanual es evitar el acceso a áreas peligrosas de la maquinaria en procesos industriales, para garantizar la seguridad del operador y mejorar la productividad del proceso de trabajo.
- La función de un bimanual es la de asegurar que el operador tenga ambas manos ocupadas en un movimiento sincronizado para evitar lesiones y mejorar la eficiencia en el trabajo.

¿Cuál de los 3 niveles de Maynard MOST es aplicable a una carreta de shucos? \*

- MiniMOST
- MaxiMOST
- BasicMost

En una carreta de shucos ¿Están presentes todos los tipos de movimiento de la metodología MOST? \*

- Sí
- No

**Figura 98.** Examen Pre-aplicación, parte 7

Parte 2- Resolución de un problema

El restaurante Panitos y algo más le ha solicitado ayuda al departamento de Ing. \* Industrial de la Universidad, el cual lo ha seleccionado a usted, para resolver los problemas que están teniendo: se han entregado pedidos a personas incorrectas, no se personaliza correctamente la orden, hay retrasos por falta de ingredientes, clientes que abandonan la fila por largos tiempos de espera.

[3min], preparación (donde se le agregan los ingredientes a pedido)[5min], elección y caja (el área donde los clientes suelen tardar en decidir qué van a ordenar, y pagan su orden)[10min], Envoltura [1min], Preparación [8min], traslado a despacho [30s], Despacho y completado (se entrega el pan y/o se agrega lo que haga falta del combo) [1min]. Todos estos tiempo son basados en órdenes de un solo sandwich o combo por persona.

Actualmente solo se cuenta con 2 empleados para todas las operaciones de la tienda. Cuando uno se debe ocupar en otra cosa que no es atender a los clientes, los tiempos de producción se duplican.

¿Qué cambios haría? Recuerde que agregar empleados, es agregar más costos y puede o no, ser la solución que se busca.

¿Cuánto es el tiempo de ciclo que lleva preparar un sándwich?

¿Qué cambios haría? Recuerde que agregar empleados, es agregar más costos y puede o no, ser la solución que se busca.

¿Confiaría 100% en la información que el dieron?

¿Qué otros aspectos se deben considerar?

¿Qué tipo de proceso es?

Tu respuesta

---

**Figura 99. Examen Pre-aplicación, parte 8**

Desarrolle

Usted ha decidido emprender, y como todo buen guatemalteco y estudiante UVG \* le gustan los shucos y ha decidido poner una carreta de shucos. Sin embargo en su primera semana el shuquero que contrató le contó lo siguiente: se quemó, está muy muy cansado y tuvo que cerrar temprano. Como buen patrono, su deber es velar por el bienestar de su trabajador. ¿Qué haría para mejorar la situación del pobre trabajador?

Deje constancia del proceso lógico que siguió para poder resolver esto.


Tu respuesta

**Figura 100. Examen Post-aplicación, parte 1**

Examen de control

*Se está realizando esta encuesta para un trabajo de graduación y se solicita su participación. Los resultados de la encuesta serán utilizados como sustento para la investigación. Las respuestas individuales solo serán visibles para el encuestador y su asesora. En el trabajo solo se presentarán el conjunto de respuestas correspondientes a cada pregunta como resultados de la encuesta.*

*Si está de acuerdo en participar, por favor firme este consentimiento informado. Al decidir participar, usted acepta cumplir con todos los demás requerimientos, encuestas y/o preguntas que se le puedan hacer durante y después del proceso de esta encuesta. Si tiene alguna pregunta o inquietud, no dude en ponerse en contacto con el encuestador.*

her181098@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

\* Indica que la pregunta es obligatoria

Correo electrónico \*

Registrar her181098@uvg.edu.gt como el correo que se incluirá al enviar mi respuesta

He leído y acepto el consentimiento informado \*

sí

Nombre \*

Tu respuesta

Correo \*

Tu respuesta

**Figura 101.** Examen Post-aplicación, parte 2

**Primer parte-Opción Múltiple**

Seleccione las respuestas correctas a las preguntas, según corresponda

¿Cuál es el enunciado que define un TMU? \*

- Un TMU es una técnica utilizada para controlar la calidad en los procesos de producción.
- Un TMU es un método de cálculo utilizado para determinar el costo de un producto en la línea de producción.
- Un TMU es una herramienta utilizada para medir el tiempo que un trabajador tarda en realizar una tarea específica.

¿Cuáles son los tipos de holguras? \*

- Constantes
- Variables
- Especiales
- Distracciones
- Retrasos

¿Cuál de los 3 niveles de Maynard MOST es aplicable a una carreta de shucos? \*

- MiniMOST
- MaxiMOST
- BasicMost

**Figura 102.** Examen Post-aplicación, parte 3

¿Cuáles son los tipos de movimientos en la metodología MOST? \*

- Controlado
- General
- Uso de herramienta/equipo
- Todas son correctas
- Movimientos complejos

¿Cuáles son los elementos que se deben incluir en una carta de ensamble? \*

- Cuadro de resumen, numeración de las piezas, fotos, codificación de las piezas, diagrama para su ensamble
- Cuadro de resumen, tiempos, numeración de cada operación, diagrama
- Tareas, responsable de las tareas, tareas predecesoras, tareas sucesoras y tiempos

¿Cuál es la función de un bimanual? \*

- La función de un bimanual es proporcionar soporte y estabilidad para ambas manos del operador durante la realización de tareas manuales que requieren la coordinación de ambas manos.
- La función de un bimanual es evitar el acceso a áreas peligrosas de la maquinaria en procesos industriales, para garantizar la seguridad del operador y mejorar la productividad del proceso de trabajo.
- La función de un bimanual es la de asegurar que el operador tenga ambas manos ocupadas en un movimiento sincronizado para evitar lesiones y mejorar la eficiencia en el trabajo.

**Figura 103.** Examen Post-aplicación, parte 10

En una carreta de shucos ¿Están presentes todos los tipos de movimiento de la metodología MOST? \*

- Sí
- No

De los diferentes tipos de proceso, elija el que más se adecue a una carreta de shucos \*

- Taller de Trabajo
- Taller por lotes
- Línea de ensamble
- Flujo continuo
- Prueba
- Ensamble
- Conversión
- Fabricación
- Make to Stock
- Make tu order
- Híbrido (es aquel que combina características y elementos de dos o más sistemas de producción diferentes)

**Figura 104.** Examen Post-aplicación, parte 11

Define el tiempo de ciclo \*

- El tiempo de ciclo se refiere a la duración de tiempo que un proceso de producción toma en completarse
- El tiempo de ciclo es el intervalo de tiempo entre la iniciación de dos ciclos consecutivos del proceso.
- El tiempo de ciclo es el tiempo requerido para producir una sola unidad de un producto

¿Qué es la ergonomía? \*

- La ciencia que estudia la relación entre el hombre y su entorno laboral
- Un proceso para mejorar la calidad de los productos
- Una técnica para aumentar la productividad de los trabajadores
- Un sistema para reducir los costos de la empresa

**Figura 105.** Examen Post-aplicación, parte 12

Sección 3 de 4

Parte 2- Resolución de un problema

Descripción (opcional)

Suponga que lo contrataron como consultor de Subway. Le solicitan "mejorar" de alguna manera, el servicio que se le presenta al cliente. Los directivos le plantean la idea de reacomodar los restaurantes y le plantean las áreas necesarias para que este funcione: Caja [3min], preparación (donde se le agregan los ingredientes a pedido)[5min], elección y pan (el área donde los clientes suelen tardar en decidir qué van a ordenar, además de ser donde se les pregunta por el tipo de pan que comerán)[8min], despacho (suele estar junto a caja, es donde se completan los combos y/o se entrega el pedido)[1min], horneado [2min], mesas (tiempo que pasa el cliente en el restaurante) [30min]. Todos estos tiempo son basados en órdenes de sándwiches de 15cm, donde el mismo trabajador es el que toma, prepara, cobra y despacha la orden.

Actualmente solo se cuenta con 2 empleados para todas las operaciones de la tienda. Cuando uno se debe ocupar en otra cosa que no es atender a los clientes, los tiempos de producción se duplican.

¿Qué cambios haría? Recuerde que agregar empleados, es agregar más costos y puede o no, ser la solución que se busca.

¿Cuánto es el tiempo de ciclo que lleva preparar un sándwich?

¿Qué cambios haría? Recuerde que agregar empleados, es agregar más costos y puede o no, ser la solución que se busca.

¿Confiaría 100% en la información que el dieron?

¿Qué otros aspectos se deben considerar?

¿Qué tipo de proceso es?

Texto de respuesta larga

**Figura 106.** Examen Post-aplicación, parte 13

Desarrolle ✕ ⋮

Descripción (opcional)

Ha sido contratado por los dueños de Don chicharrón. Estos le piden ayuda debido a que el personal que han contratado para cocina, luego de su capacitación de un mes, renuncian mes y medio después y quieren saber el porqué. Para los chicharrones: se debe cortar la carne, sazonar, freír en el aceite (el aceite debe superar los 130 grados Celsius, sacarlos del aceite, colocarlos en las bandejas. Luego son empacados, pesados y vendidos. El local solo tiene a 2 personas, el cocinero y la persona que despacha y cobra. Con base en su experiencia ¿Qué considera que sería el o los problemas? \*

Mencione el o los problemas que encuentra, su posible solución, y todo el razonamiento que usó para llegar a esa respuesta


Texto de respuesta larga


---

**Figura 107.** Encuesta de satisfacción 1, parte 1

## Examen de Satisfacción de Usuario

En el siguiente cuestionario se le realizarán preguntas con respecto a su perspectiva de la aplicación utilizada. Sobre el tema de diseño de área de trabajo "shucos"  
Se está realizando esta encuesta para un trabajo de graduación y se solicita su participación. Los resultados de la encuesta serán utilizados como sustento para la investigación. Las respuestas individuales solo serán visibles para el encuestador y su asesora. En el trabajo solo se presentarán el conjunto de respuestas correspondientes a cada pregunta como resultados de la encuesta.  
Si está de acuerdo en participar, por favor firme este consentimiento informado. Al decidir participar, usted acepta cumplir con todos los demás requerimientos, encuestas y/o preguntas que se le puedan hacer durante y después del proceso de esta encuesta. Si tiene alguna pregunta o inquietud, no dude en ponerse en contacto con el encuestador.

her181098@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

\* Indica que la pregunta es obligatoria

He leído y acepto el consentimiento informado \*

Sí

Nombre \*

Tu respuesta

Correo \*

Tu respuesta

**Figura 108.** Encuesta de satisfacción 1, parte 2

**Satisfacción**

¿Consideras que la aplicación es funcional para utilizar como apoyo en el aprendizaje, en algún curso? \*

Sí

No

---

¿Qué temas o áreas específicas de estudio te gustaría ver cubiertos en futuras actualizaciones de la aplicación? \*

Tu respuesta

---

En una escala del 1 al 10, ¿qué tan intuitiva encontraste la navegación y la interfaz de usuario de la aplicación? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Horrible, no sabía que hacer           Excelente, no tuve problemas

---

¿Hubo alguna característica de la aplicación que encontraste confusa o difícil de entender? Si es así, ¿cuál? \*

Tu respuesta

---

¿En qué medida sientes que la aplicación te ayudó a retener y comprender mejor la información que se presentó? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Figura 109.** Encuesta de satisfacción 1, parte 3

¿La aplicación te motivó a explorar y aprender más sobre los temas presentados? \*  
¿Cómo lo logró?

Sí

No

Otro: \_\_\_\_\_

Marca tu estilo de aprendizaje \*

Visual (Aprendes más fácil por medio de: videos, imágenes, mapas conceptuales, gráficos, mapas e ideas, diagramas)

Auditivo (Dependes de escuchar y hablar como maneras principales para su aprendizaje, estas personas dialogan tanto como interna como externamente)

Kinestésico (refiere siempre a la acción, se mueve mucho y gesticula al hablar. Además, puede recordar y comprender mejor aquella información que esté acompañada de algún evento táctil relevante)

No sé

Acorde a tu respuesta anterior. ¿Qué te gustaría tener en la siguientes versiones? \*

Una voz con instrucciones

Instrucciones escritas en la pantalla

Aprender sobre la marcha

Tutorial

Otro: \_\_\_\_\_


**Figura 110.** Encuesta de satisfacción 2, parte 1


## Examen de Satisfacción de Usuario

En el siguiente cuestionario se le realizarán preguntas con respecto a su perspectiva de la aplicación utilizada. Sobre el tema de diseño de área de trabajo "shucos"

*Se está realizando esta encuesta para un trabajo de graduación y se solicita su participación. Los resultados de la encuesta serán utilizados como sustento para la investigación. Las respuestas individuales solo serán visibles para el encuestador y su asesora. En el trabajo solo se presentarán el conjunto de respuestas correspondientes a cada pregunta como resultados de la encuesta.*

*Si está de acuerdo en participar, por favor firme este consentimiento informado. Al decidir participar, usted acepta cumplir con todos los demás requerimientos, encuestas y/o preguntas que se le puedan hacer durante y después del proceso de esta encuesta. Si tiene alguna pregunta o inquietud, no dude en ponerse en contacto con el encuestador.*

her181098@uvg.edu.gt [Cambiar de cuenta](#) 

 No compartido

\* Indica que la pregunta es obligatoria

He leído y acepto el consentimiento informado \*

Sí

Nombre \*

Tu respuesta

Correo \*

Tu respuesta

¿Has usado antes la realidad virtual? \*

Sí

No

**Figura 111.** Encuesta de satisfacción 2, parte 2

Experiencia en VR

¿Para qué has usado la realidad virtual? \*

- Juegos
- Educación
- Entretenimiento (VR chat/ ver películas o videos)
- Productividad

¿Cuál es la aplicación que más usas? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

**Figura 112.** Encuesta de satisfacción 2, parte 3

**Satisfacción**

¿Consideras que la aplicación es funcional para utilizar como apoyo en el aprendizaje, en algún curso? \*

Sí

No

¿Qué temas o áreas específicas de estudio te gustaría ver cubiertos en futuras actualizaciones de la aplicación? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

En una escala del 1 al 10, ¿qué tan intuitiva encontraste la navegación y la interfaz de usuario de la aplicación? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Horrible, no sabía que hacer           Excelente, no tuve problemas

¿Hubo alguna característica de la aplicación que encontraste confusa o difícil de entender? Si es así, ¿cuál? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿En qué medida sientes que la aplicación te ayudó a retener y comprender mejor la información que se presentó? \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

No me ayudó para nada           Entendí perfectamente

**Figura 113.** Encuesta de satisfacción 2, parte 4

¿La aplicación te motivó a explorar y aprender más sobre los temas presentados? \*

¿Cómo lo logró?

Sí

No

Otro: \_\_\_\_\_

Marca tu estilo de aprendizaje \*

Visual (Aprendes más fácil por medio de: videos, imágenes, mapas conceptuales, gráficos, mapas e ideas, diagramas)

Auditivo (Dependes de escuchar y hablar como maneras principales para su aprendizaje, estas personas dialogan tanto como interna como externamente)

Kinestésico (refiere siempre a la acción, se mueve mucho y gesticula al hablar. Además, puede recordar y comprender mejor aquella información que esté acompañada de algún evento táctil relevante)

No sé

Acorde a tu respuesta anterior. ¿Qué te gustaría tener en la siguientes versiones? \*

Una voz con instrucciones

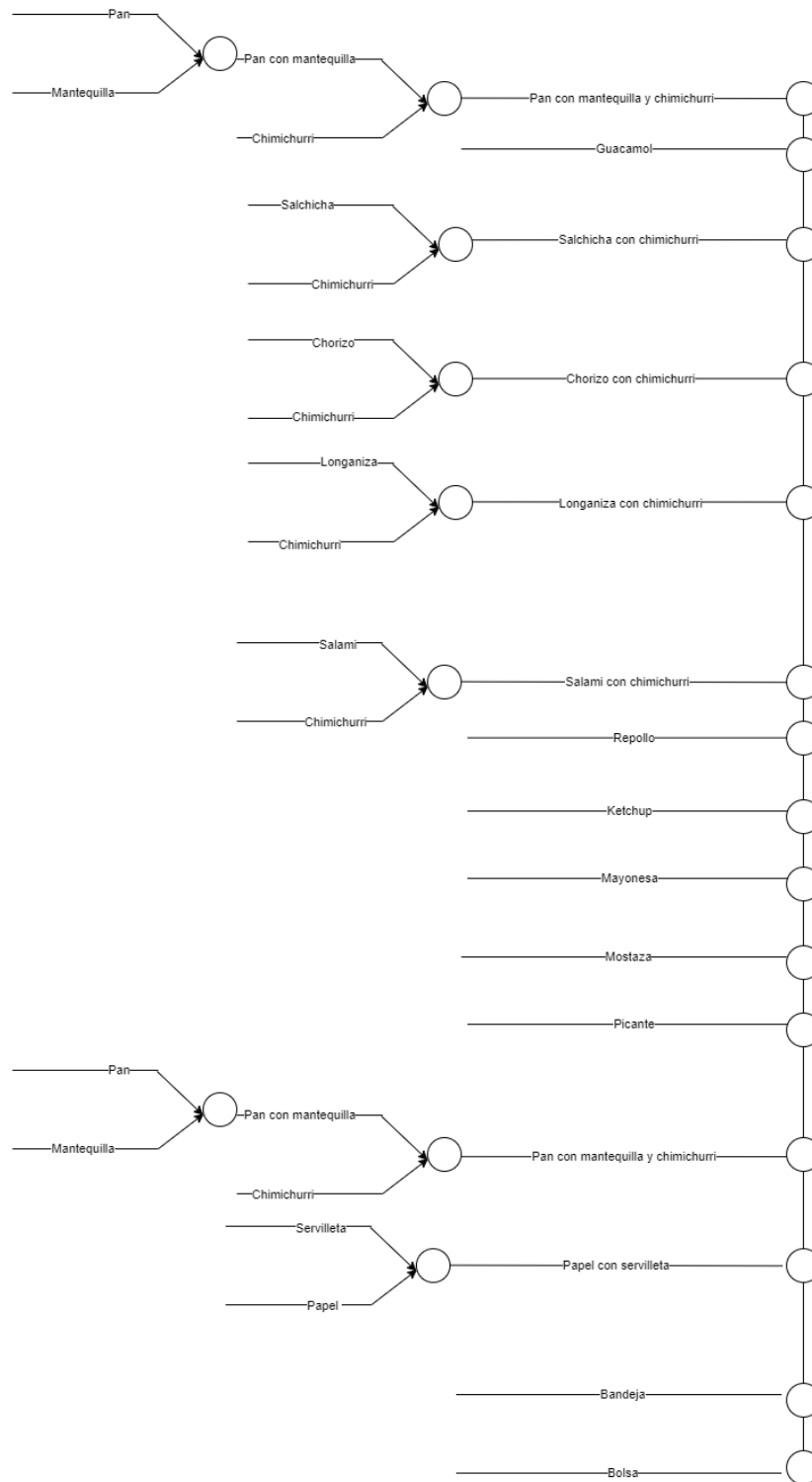
Instrucciones escritas en la pantalla

Aprender sobre la marcha

Tutorial

Otro: \_\_\_\_\_

**Figura 114. Carta de Ensamble de un shuco**



**Figura 115 .Tiempos Estimados-12pm, parte 1**

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Tomar las pinzas	0.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el pan	1.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el pan	2.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el pan	3.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el cuchillo	4.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cambiar de mano las pinzas y el cuchillo	5.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cortar el pan	6.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el cuchillo	7.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la brocha	8.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el pan	9.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochea el chimichurri en el pan	10.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 1	11.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la brocha	12.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochea la mantequilla en el pan	13.00		Manual	4.68	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 2	14.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochea los embutidos con chimichurri	15.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar las pinzas	16.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la tapa de la olla	17.00		Manual	4.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la cuchara	18.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Llenar la cuchara	19.00		Manual	3.96	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el guacamol en el pan	20.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Esparcir el guacamol en el pan	21.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la cuchara en la olla	22.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la tapa de la olla	23.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 116. Tiempos Estimados-12pm, parte 2

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa	24.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la cuchara	25.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3, o 4	26.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el embutido 1,2,3 o 4 en la parrilla	27.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4	28.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el embutido 1,2,3 o 4	29.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3 o 4	30.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en la tabla	31.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cortar el embutido 1,2,3 o 4	32.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en el shuco	33.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la botella del condimento 1,2,3 o 4	34.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Giñar la botella del condimento 1,2,3 o 4	35.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agitar la botella del condimento 1,2,3 o 4	36.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Apretar la botella del condimento 1,2,3 o 4	37.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la botella del condimento 1,2,3 o 4	38.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Abrir una bolsa	39.00		Manual	4.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el repollo	40.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el repollo en el pan	41.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Distribuir el repollo en el pan	42.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Golpear las pinzas en la olla	43.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una bolsa	44.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 117. Tiempos Estimados-12pm, parte 3

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa de la olla	45.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una bandeja	46.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el papel	47.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una servilleta	48.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el shuco	49.00		Manual	2.52	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar la servilleta y el papel	50.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el shuco en la bandeja	51.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el shuco	52.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Empacar en la bolsa	53.00		Manual	4.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tiempo Muerto	54.00		Manual	3.96	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tareas no observables	55.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el cuchillo 2	56.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Acomodar el carbón	57.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el cuchillo 2	58.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar botella de condimento en la bandeja	59.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Entrega del producto terminado	60.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Buscar paquete de embutidos	61.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar paquete de embutidos	62.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Abrir paquete de embutidos	63.00		Manual	1.08	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>(STANDARD TIMES)</b>		<b>109.12</b>				<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**Figura 118. Tiempos Observados -12pm, parte 1**

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Tomar las pinzas	0.00		Manual	0.67	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.82	0.00
Tomar el pan	1.00		Manual	0.86	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	1.06	0.00
Trasladar el pan	2.00		Manual	1.24	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	1.53
Colocar el pan	3.00		Manual	0.70	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.86	0.00
Tomar el cuchillo	4.00		Manual	0.65	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.80	0.00
Cambiar de mano las pinzas y el cuchillo	5.00		Manual	0.31	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.38
Cortar el pan	6.00		Manual	1.20	23.00	<input type="checkbox"/>	1	1.48	0.00	0.00
Soltar el cuchillo	7.00		Manual	0.78	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.96
Tomar la brocha	8.00		Manual	1.28	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	1.57	0.00
Voltear el pan	9.00		Manual	1.01	23.00	<input type="checkbox"/>	1	1.24	0.00	0.00
Brochar el chimichurri en el pan	10.00		Manual	1.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	1.67	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 1	11.00		Manual	0.47	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.58	0.00
Soltar la brocha	12.00		Manual	0.17	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.21	0.00
Brochar la mantequilla en el pan	13.00		Manual	0.79	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 2	14.00		Manual	2.49	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	3.06	0.00
Brochar los embutidos con chimichurri	15.00		Manual	3.60	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar las pinzas	16.00		Manual	0.37	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.46
Tomar la tapa de la olla	17.00		Manual	0.78	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.96
Tomar la cuchara	18.00		Manual	1.21	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	1.49	0.00
Llenar la cuchara	19.00		Manual	2.88	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el guacamol en el pan	20.00		Manual	0.73	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.90	0.00	0.00
Esparcir el guacamol en el pan	21.00		Manual	1.08	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la cuchara en la olla	22.00		Manual	0.37	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.46	0.00
Colocar la tapa de la olla	23.00		Manual	0.35	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.43

**Figura 119. Tiempos Observados -12pm, parte 2**

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa	24.00		Manual	0.21	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.26
Soltar la cuchara	25.00		Manual	0.10	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.12	0.00
Tomar el embutido 1,2,3, o 4	26.00		Manual	0.72	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el embutido 1,2,3 o 4 en la parrilla	27.00		Manual	1.09	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	1.34	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4	28.00		Manual	2.16	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el embutido 1,2,3 o 4	29.00		Manual	0.79	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.97	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3 o 4	30.00		Manual	0.78	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.96	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en la tabla	31.00		Manual	0.55	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.68	0.00
Cortar el embutido 1,2,3 o 4	32.00		Manual	4.32	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en el shuco	33.00		Manual	2.88	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la botella del condimento 1,2,3 o 4	34.00		Manual	0.51	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.63	0.00
Girar la botella del condimento 1,2,3 o 4	35.00		Manual	3.60	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agitar la botella del condimento 1,2,3 o 4	36.00		Manual	0.59	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.73
Apretar la botella del condimento 1,2,3 o 4	37.00		Manual	0.97	23.00	<input type="checkbox"/>	1	1.19	0.00	0.00
Soltar la botella del condimento 1,2,3 o 4	38.00		Manual	0.39	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.48	0.00
Abrir una bolsa	39.00		Manual	2.48	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	3.05
Tomar el repollo	40.00		Manual	1.27	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	1.56	0.00
Echar el repollo en el pan	41.00		Manual	1.31	23.00	<input type="checkbox"/>	1	1.61	0.00	0.00
Distribuir el repollo en el pan	42.00		Manual	0.55	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.68	0.00	0.00
Golpear las pinzas en la olla	43.00		Manual	0.41	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.50
Tomar una bolsa	44.00		Manual	2.22	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	2.73

Figura 120. Tiempos Observados -12pm, parte 3

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa de la olla	45.00		Manual	1.25	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	1.54
Tomar una bandeja	46.00		Manual	2.13	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	2.62	0.00
Tomar el papel	47.00		Manual	2.26	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	2.78	0.00
Tomar una servilleta	48.00		Manual	1.85	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	2.28	0.00
Tomar el shuco	49.00		Manual	1.91	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	2.35	0.00
Agregar la servilleta y el papel	50.00		Manual	0.96	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	1.18	0.00
Colocar el shuco en la bandeja	51.00		Manual	0.98	23.00	<input type="checkbox"/>	1	1.21	0.00	0.00
Soltar el shuco	52.00		Manual	0.69	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.85	0.00	0.00
Empacar en la bolsa	53.00		Manual	4.92	23.00	<input type="checkbox"/>	1	6.05	0.00	0.00
Tiempo Muerto	54.00		Manual	3.39	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	4.17
Tareas no observables	55.00		Manual	15.06	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	18.52
Tomar el cuchillo 2	56.00		Manual	0.74	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.91	0.00
Acomodar el carbón	57.00		Manual	0.77	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.95
Soltar el cuchillo 2	58.00		Manual	2.16	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar botella de condimento en la bandeja	59.00		Manual	0.29	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.36	0.00
Entrega del producto terminado	60.00		Manual	3.64	23.00	<input type="checkbox"/>	1	4.48	0.00	0.00
Buscar paquete de embutidos	61.00		Manual	6.96	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	8.56
Trasladar paquete de embutidos	62.00		Manual	2.00	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	2.46
Abrir paquete de embutidos	63.00		Manual	1.03	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	1.27
<b>TOTAL</b>		<b>(STANDARD TIMES)</b>		<b>125.31</b>				<b>22.32</b>	<b>29.15</b>	<b>49.45</b>

**Figura 121. Tiempos Estimados-3pm, parte 1**

**Task Summary**

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Tomar las pinzas	0.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el pan	1.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el pan	2.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el pan	3.00		Manual	0.36	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el cuchillo	4.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cambiar de mano las pinzas y el cuchillo	5.00		Manual	2.16	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cortar el pan	6.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el cuchillo	7.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la brocha	8.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el pan	9.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochar el chimichurri en el pan	10.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 1	11.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la brocha	12.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochar la mantequilla en el pan	13.00		Manual	4.68	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 2	14.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochar los embutidos con chimichurri	15.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar las pinzas	16.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la tapa de la olla	17.00		Manual	4.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la cuchara	18.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Llenar la cuchara	19.00		Manual	3.96	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el guacamol en el pan	20.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Esparcir el guacamol en el pan	21.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la cuchara en la olla	22.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la tapa de la olla	23.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

**Figura 122. Tiempos Estimados-3pm, parte 2**

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa	24.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la cuchara	25.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3, o 4	26.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el embutido 1,2,3 o 4 en la parrilla	27.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4	28.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el embutido 1,2,3 o 4	29.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3 o 4	30.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en la tabla	31.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cortar el embutido 1,2,3 o 4	32.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en el shuco	33.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la botella del condimento 1,2,3 o 4	34.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Girar la botella del condimento 1,2,3 o 4	35.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agitar la botella del condimento 1,2,3 o 4	36.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Apretar la botella del condimento 1,2,3 o 4	37.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la botella del condimento 1,2,3 o 4	38.00		Manual	4.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Abri una bolsa	39.00		Manual	0.72	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el repollo	40.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el repollo en el pan	41.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Distribuir el repollo en el pan	42.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Golpear las pinzas en la olla	43.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una bolsa	44.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 123. Tiempos Estimados-3pm, parte 3

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa de la olla	45.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una bandeja	46.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el papel	47.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una servilleta	48.00		Manual	2.52	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el shuco	49.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar la servilleta y el papel	50.00		Manual	1.44	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el shuco en la bandeja	51.00		Manual	2.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el shuco	52.00		Manual	4.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Empacar en la bolsa	53.00		Manual	3.96	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tiempo Muerto	54.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tareas no observables	55.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el cuchillo 2	56.00		Manual	0.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Acomodar el carbón	57.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el cuchillo 2	58.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar botella de condimento en la bandeja	59.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Entrega del producto terminado	60.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Buscar paquete de embutidos	61.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar paquete de embutidos	62.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Abrir paquete de embutidos	63.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Acomodar parrilla	64.00		Manual	4.32	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Revisar el pan	65.00		Manual	2.16	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el recipiente de G	66.00		Manual	2.16	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el recipiente de G	67.00		Manual	0.72	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el recipiente de G	68.00		Manual	1.44	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 124. Tiempos Estimados-3pm, parte 4

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Tomar el recipiente de C	69.00		Manual	2.16	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el recipiente de C	70.00		Manual	0.72	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el recipiente de C	71.00		Manual	1.44	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar cebolla	72.00		Manual	0.72	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar cebolla	73.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el shuco en la parrilla	74.00		Manual	1.44	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar papel	75.00		Manual	0.36	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar servilleta	76.00		Manual	0.36	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>(STANDARD TIMES)</b>		<b>125.74</b>				<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Figura 125. Tiempos Observados-3pm, parte 1

Task Summary

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Tomar las pinzas	0.00		Manual	1.16	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el pan	1.00		Manual	1.41	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el pan	2.00		Manual	0.97	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el pan	3.00		Manual	0.80	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el cuchillo	4.00		Manual	0.56	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cambiar de mano las pinzas y el cuchillo	5.00		Manual	0.91	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cortar el pan	6.00		Manual	2.13	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el cuchillo	7.00		Manual	0.81	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la brocha	8.00		Manual	2.14	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el pan	9.00		Manual	1.03	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochear el chimichurri en el pan	10.00		Manual	1.50	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 1	11.00		Manual	1.02	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la brocha	12.00		Manual	0.34	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochear la mantequilla en el pan	13.00		Manual	1.14	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la brocha en el envase 2	14.00		Manual	0.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Brochear los embutidos con chimichurri	15.00		Manual	1.60	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar las pinzas	16.00		Manual	1.08	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la tapa de la olla	17.00		Manual	2.18	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la cuchara	18.00		Manual	0.33	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Llenar la cuchara	19.00		Manual	0.58	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el guacamol en el pan	20.00		Manual	0.60	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Esparcir el guacamol en el pan	21.00		Manual	0.54	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la cuchara en la olla	22.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar la tapa de la olla	23.00		Manual	0.28	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 126. Tiempos Observados-3pm, parte 2

Task Summary

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa	24.00		Manual	0.48	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la cuchara	25.00		Manual	0.34	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3, o 4	26.00		Manual	0.98	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el embutido 1,2,3 o 4 en la parrilla	27.00		Manual	0.75	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4	28.00		Manual	0.21	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Voltear el embutido 1,2,3 o 4	29.00		Manual	0.71	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el embutido 1,2,3 o 4	30.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en la tabla	31.00		Manual	0.59	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Cortar el embutido 1,2,3 o 4	32.00		Manual	0.47	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el embutido 1,2,3 o 4 en el shuco	33.00		Manual	0.90	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar la botella del condimento 1,2,3 o 4	34.00		Manual	0.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Girar la botella del condimento 1,2,3 o 4	35.00		Manual	0.38	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agitar la botella del condimento 1,2,3 o 4	36.00		Manual	0.38	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Apretar la botella del condimento 1,2,3 o 4	37.00		Manual	0.88	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar la botella del condimento 1,2,3 o 4	38.00		Manual	0.48	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Abrir una bolsa	39.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el repollo	40.00		Manual	1.32	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar el repollo en el pan	41.00		Manual	1.09	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Distribuir el repollo en el pan	42.00		Manual	0.50	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Golpear las pinzas en la olla	43.00		Manual	1.36	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una bolsa	44.00		Manual	3.13	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 127. Tiempos Observados-3pm, parte 3

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Soltar la tapa de la olla	45.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una bandeja	46.00		Manual	1.94	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el papel	47.00		Manual	1.89	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar una servilleta	48.00		Manual	2.97	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el shuco	49.00		Manual	2.25	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar la servilleta y el papel	50.00		Manual	1.31	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el shuco en la bandeja	51.00		Manual	1.39	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el shuco	52.00		Manual	0.84	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Empacar en la bolsa	53.00		Manual	6.84	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tiempo Muerto	54.00		Manual	5.14	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tareas no observables	55.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el cuchillo 2	56.00		Manual	0.79	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Acomodar el carbon	57.00		Manual	3.37	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el cuchillo 2	58.00		Manual	0.80	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar botella de condimento en la bandeja	59.00		Manual	0.28	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Entrega del producto terminado	60.00		Manual	2.26	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Buscar paquete de embutidos	61.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar paquete de embutidos	62.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Abrir paquete de embutidos	63.00		Manual	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Acomodar parrilla	64.00		Manual	3.59	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Revisar el pan	65.00		Manual	1.65	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar el recipiente de G	66.00		Manual	1.56	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el recipiente de G	67.00		Manual	0.78	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el recipiente de G	68.00		Manual	1.04	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00

Figura 128. *Tiempos Observados-3pm, parte 4*

ID	Seq	Description	Man/Mach/Misc	Time	Allowance	Int	Freq	VA	SVA	NVA
Tomar el recipiente de C	69.00		Manual	1.48	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Trasladar el recipiente de C	70.00		Manual	1.25	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Soltar el recipiente de C	71.00		Manual	1.72	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Echar cebolla	72.00		Manual	0.92	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Tomar cebolla	73.00		Manual	0.87	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Colocar el shuco en la parrilla	74.00		Manual	1.00	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar papel	75.00		Manual	1.21	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
Agregar servilleta	76.00		Manual	1.64	23.00	<input type="checkbox"/>	1	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>(STANDARD TIMES)</b>		<b>110.50</b>				<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**Tabla 30. Comparativa de costos**

Comparativa	Desde cero	Outsourcing	Real	Método tradicional
Costo Total	Q178,140.37	Q264,567.88	Q819.13	Q330,949.64
% equivalente al Método tradicional	53.83%	79.94%	0.25%	
% de mejora	46.17%	20.06%	99.75%	

**Tabla 31. Cálculo de mejora general**

	Satisfacción de usuario	Mejora en retención	Mejora en costo	Mejora en exámenes	Mejora General del proyecto
% de mejora	88.00%	93.75%	99.75%	0.00%	70.38%