

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y LA MECÁNICA

Carrera de Ingeniería de Mecatrónica

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO:
INGENIERO EN MECATRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL AUTOMATIZADA A TRAVÉS DE UN ENTORNO VIRTUAL PARA CONTRIBUIR EN EL APRENDIZAJE EN EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA

AUTORES: ARIAS CÁRDENAS, LUIS ANDRÉS Y NARVÁEZ ACHOTE, EDWIN DARÍO

DIRECTOR: GORDON GARCÉS, ANDRÉS MARCELO



Contenido

- 1 Objetivos
- 2 Hipótesis
- 3 Conceptos Previos
- 4 Diseño
- 5 Implementación
- 6 Pruebas y Resultados
- 7 Validación de la Hipótesis
- 8 Conclusiones

OBJETIVOS



Objetivo General

Diseñar e implementar una planta industrial automatizada a través de un entorno virtual para contribuir en el aprendizaje en el laboratorio de Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga

Objetivos Específicos

- Programar un sistema que permita la visualización de herramientas, material, sensores y actuadores tomando en cuenta las características de cada uno.
- Desarrollar guías de prácticas en las cuales se especifiquen rutinas necesarias para el normal funcionamiento de cada una de las máquinas.
- Desarrollar un entorno de realidad virtual que permita la interacción con el mismo a través del uso del hardware Oculus Quest o el manejo del computador.
- Desarrollar una planta industrial automatizada a través de un entorno virtual que permita realizar la fabricación, transportación, clasificación y almacenamiento de una pieza.
- Vincular el funcionamiento de las diferentes estaciones de trabajo para simular el entorno de trabajo de una planta industrial automatizada.
- Implementar distintas configuraciones controladas de un entorno virtual de acuerdo al enfoque deseado por el usuario.



Hipótesis

¿El diseño e implementación de una planta industrial automatizada a través de un entorno virtual contribuirá en el aprendizaje en el laboratorio de mecatrónica en la universidad de las fuerzas armadas ESPE sede Latacunga?

Variable Independiente: Diseño e implementación de una planta industrial automatizada a través de un entorno virtual utilizando Unity y realidad virtual.

Variable Dependiente: Contribución al aprendizaje en el laboratorio de mecatrónica de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.



CONCEPTOS PREVIOS



VR

La realidad virtual (VR) es una tecnología que permite a los usuarios sumergirse en un entorno generado por computadora e interactuar con objetos y objetos en ese entorno. La realidad virtual crea una experiencia sensorial 3D que simula la presencia del usuario en un mundo diferente al mundo real.

La historia de la realidad virtual se remonta a la década de 1960, aunque sus raíces conceptuales se remontan a obras anteriores de ciencia ficción. Uno de los primeros dispositivos de realidad virtual fue Sensorama, desarrollado por Morton Heilig en 1962. Sensorama es una cabina que ofrece una experiencia inmersiva con imágenes estereoscópicas, sonidos, vibraciones y olores. (Lara, 2019)

Casco de visualización VR - Oculus Rift



Nota: Recuperado de López (2019)

CONTROLADORES

Los controladores son dispositivos que permiten a los usuarios interactuar con objetos y elementos dentro del entorno virtual. Estos controladores pueden tomar diversas formas, como joysticks, dispositivos hápticos o guantes, y están diseñados para capturar y transmitir movimientos y gestos del usuario al sistema de VR. Los controladores suelen contar con botones, gatillos y superficies táctiles para facilitar la interacción con el entorno virtual. Ejemplos de controladores populares incluyen los Oculus Touch y los Valve Index Controllers. (Cantón Enríquez, 2017)

Controlador Oculus Touch



Nota: Recuperado de (Cantón Enríquez, 2017)

CELDA DE MANUFACTURA

Las celdas de manufactura son una disposición de máquinas, equipos y trabajadores en un entorno de producción que se organizan de manera modular y compacta con el propósito de realizar una secuencia específica de operaciones. En lugar de organizar la producción en líneas de ensamblaje, las celdas de manufactura agrupan máquinas y recursos en estrecha proximidad para facilitar el flujo eficiente de materiales y reducir los tiempos de ciclo. Estas celdas están diseñadas para ser flexibles y fácilmente reconfigurables, lo que permite adaptarse rápidamente a cambios en los requerimientos del producto o en la demanda del mercado. (Encina, 2017)

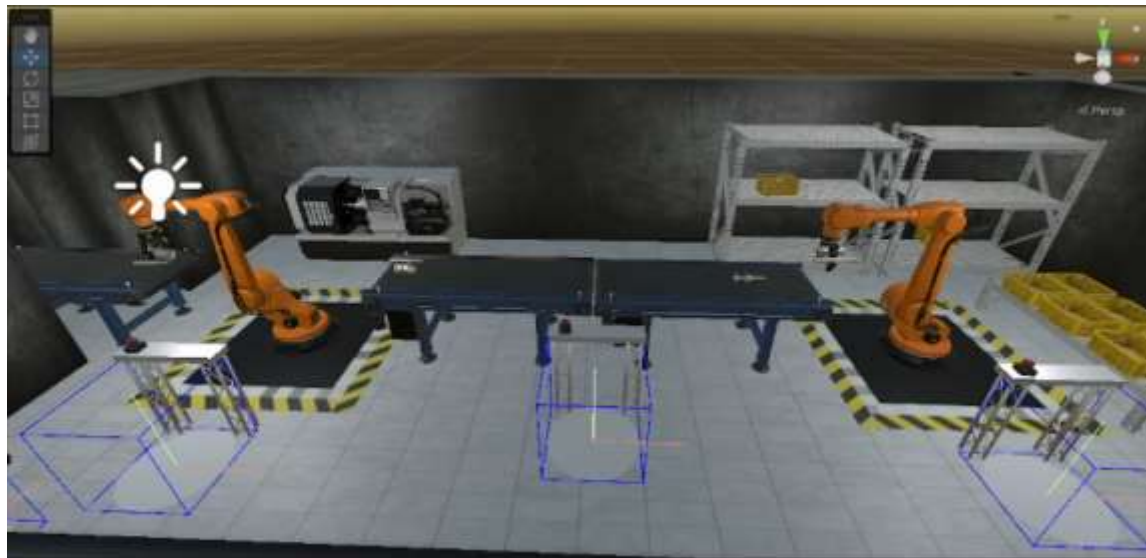


DISEÑO



Diseño de la Interfaz de Control y Monitoreo

Desde el modelado hasta la implementación, ha conducido a la creación de un entorno de simulación VR detallado y semi realista. Este simulador, que combina elementos de la vida real con una interfaz de usuario interactiva, ofrece una herramienta educativa valiosa que los estudiantes pueden utilizar para adquirir una comprensión práctica de los sistemas de producción automatizados.



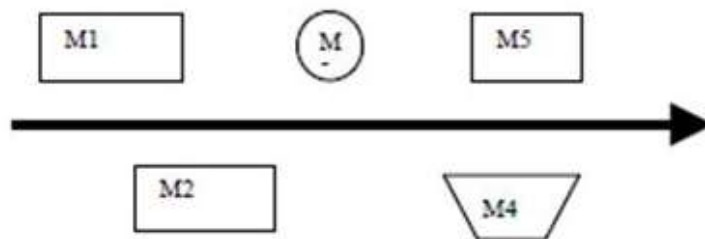
IMPLEMENTACIÓN



Implementación

Dado que se está diseñando e implementando una planta industrial automatizada para contribuir al aprendizaje en un laboratorio de mecatrónica en la universidad, la opción más adecuada es una Célula lineal.

Una célula lineal puede permitir una mejor utilización del espacio en el laboratorio, proporcionando una disposición compacta y eficiente.



MODELOS 3D

- Modelado High poly



- Modelado Low poly



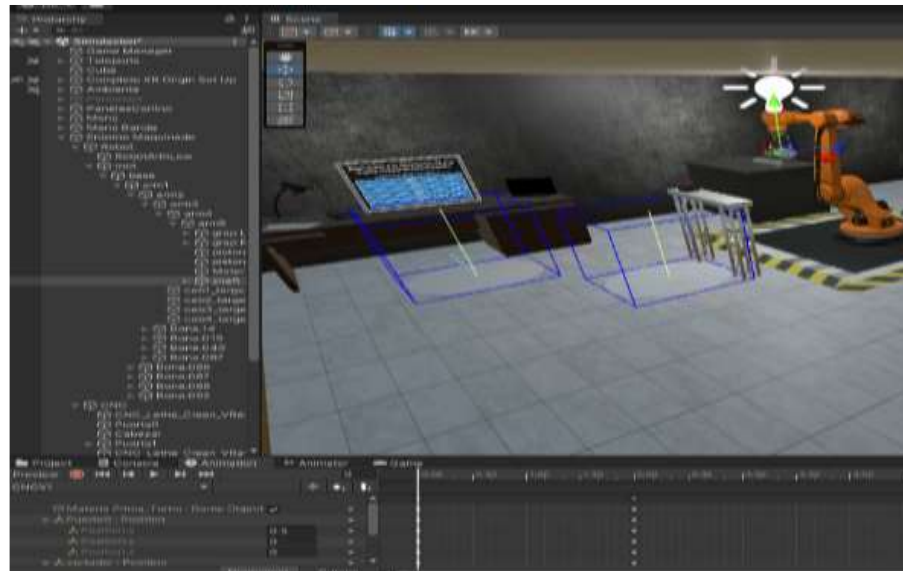
Elementos

- CNC vurcon 2000
- brazo robótico KR 1000 titan
- Banda transportadora



Implementation en Unity Engine

Importación de modelos 3d al engine UNITY



Programación y Animación

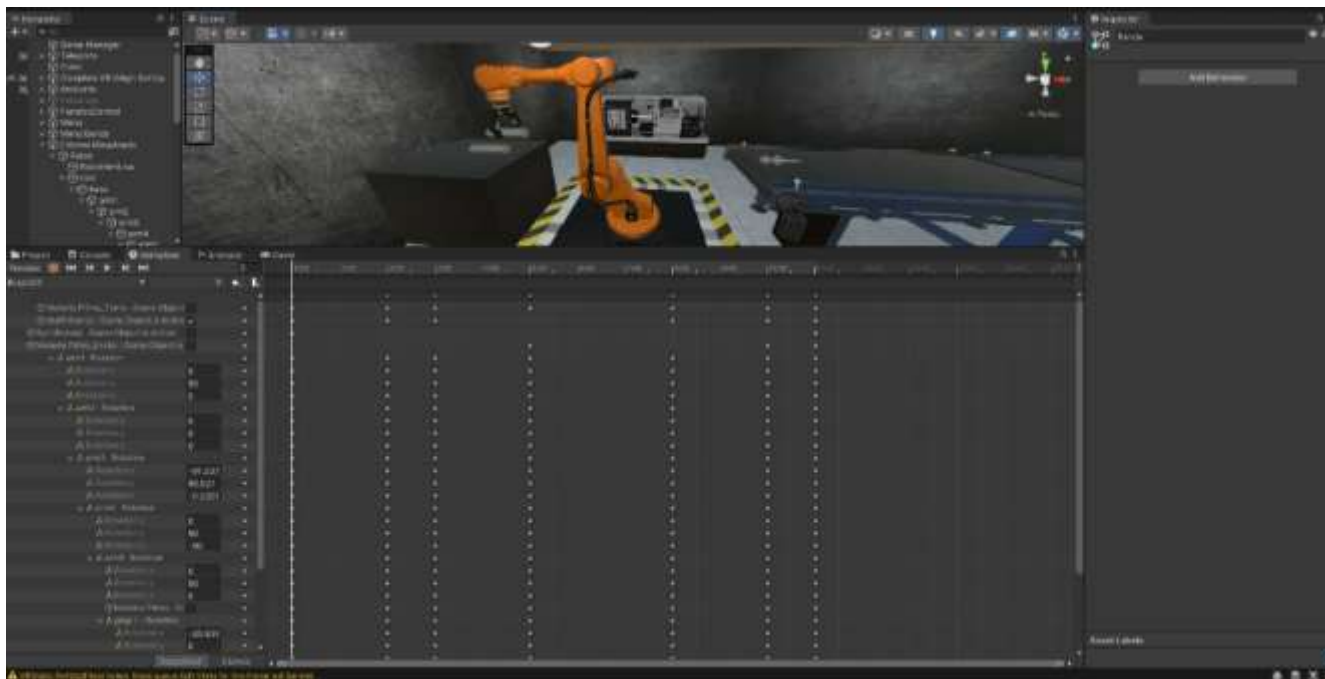
Proceso de Rigging - brazo robótico



control de velocidad banda transportadora

```
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

Timeline o línea de tiempo de la animación del brazo robótico



PRUEBAS Y RESULTADOS



Diseño y pruebas de funcionalidad

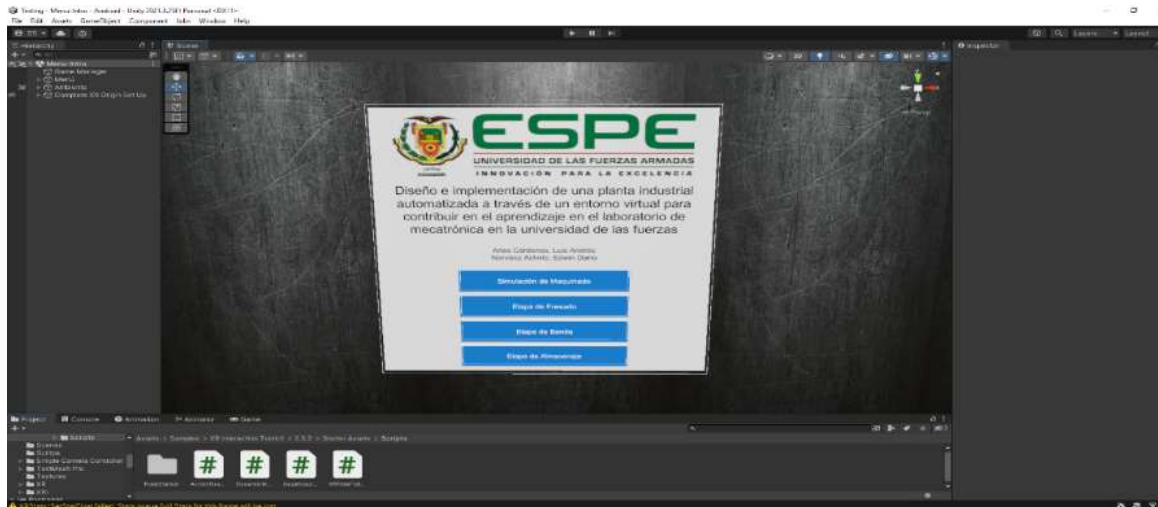
Diseño de pruebas

Para asegurar que el simulador VR funcione correctamente y proporcione una experiencia de aprendizaje efectiva, se diseñó un conjunto de pruebas meticulosas. Estas pruebas se planificaron teniendo en cuenta tanto el aspecto funcional del simulador, como la experiencia de usuario y la efectividad pedagógica.

Pruebas de funcionalidad

Las pruebas de funcionalidad tuvieron como objetivo verificar que cada componente del simulador, desde la interfaz de usuario hasta los sistemas mecánicos simulados, funcionara correctamente. Esto implicó la comprobación de las animaciones, la interactividad, el correcto funcionamiento del torno CNC y del brazo robótico, y el proceso de clasificación. También se realizaron pruebas para asegurar que el rendimiento del simulador fuera óptimo en el Oculus Quest 2, sin retrasos ni errores gráficos.

Inicio de interacción del simulador VR



Las pruebas de usabilidad se realizaron para comprobar que la interfaz de usuario fuera intuitiva y fácil de manejar, y que los estudiantes pudieran interactuar con la simulación de manera eficiente. Se llevaron a cabo pruebas de campo con estudiantes que tenían experiencia variada en VR, recopilando sus comentarios sobre la facilidad de uso del simulador y la claridad de las instrucciones y la retroalimentación.

Menú del área de selección de elementos



Diagrama de la animación del brazo robótico - codificado en bloques

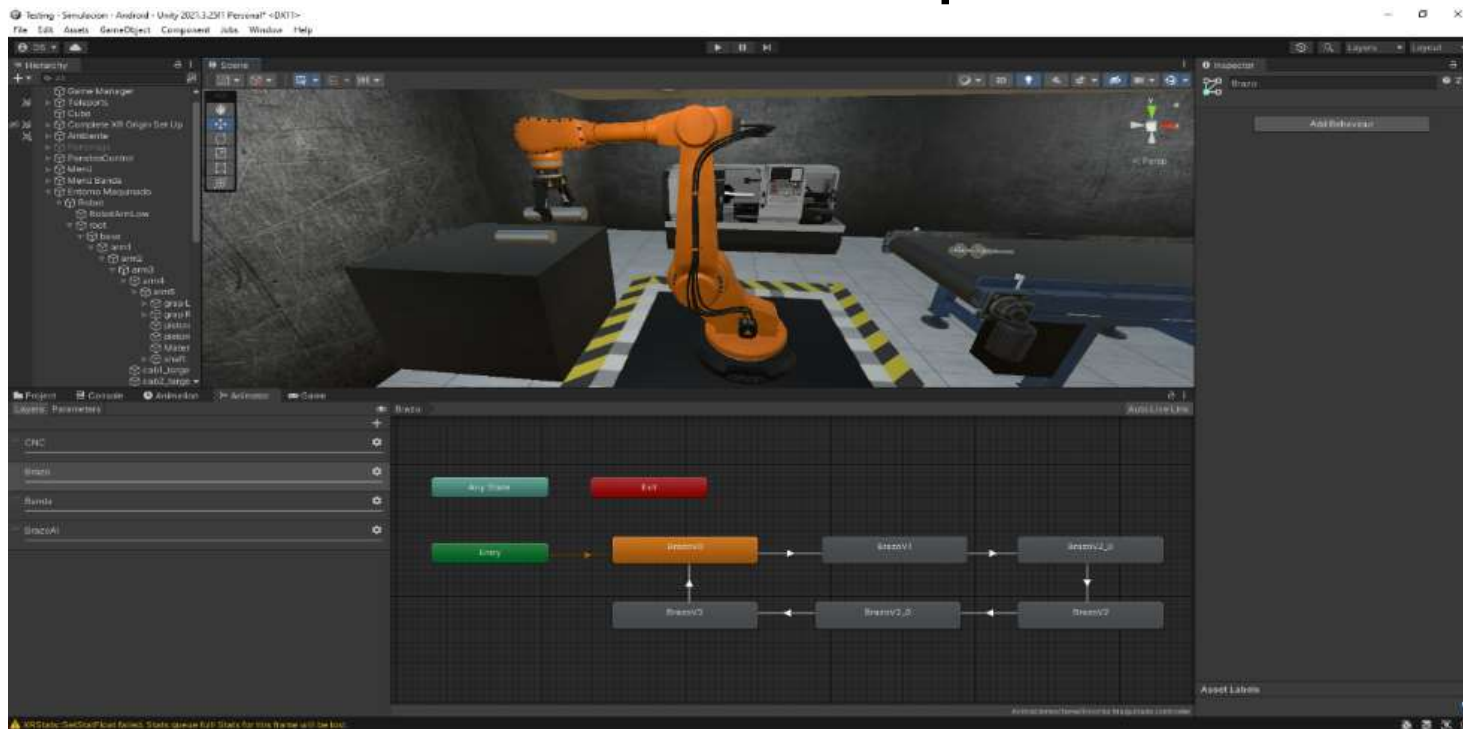


Diagrama de la animación del Torno CNC

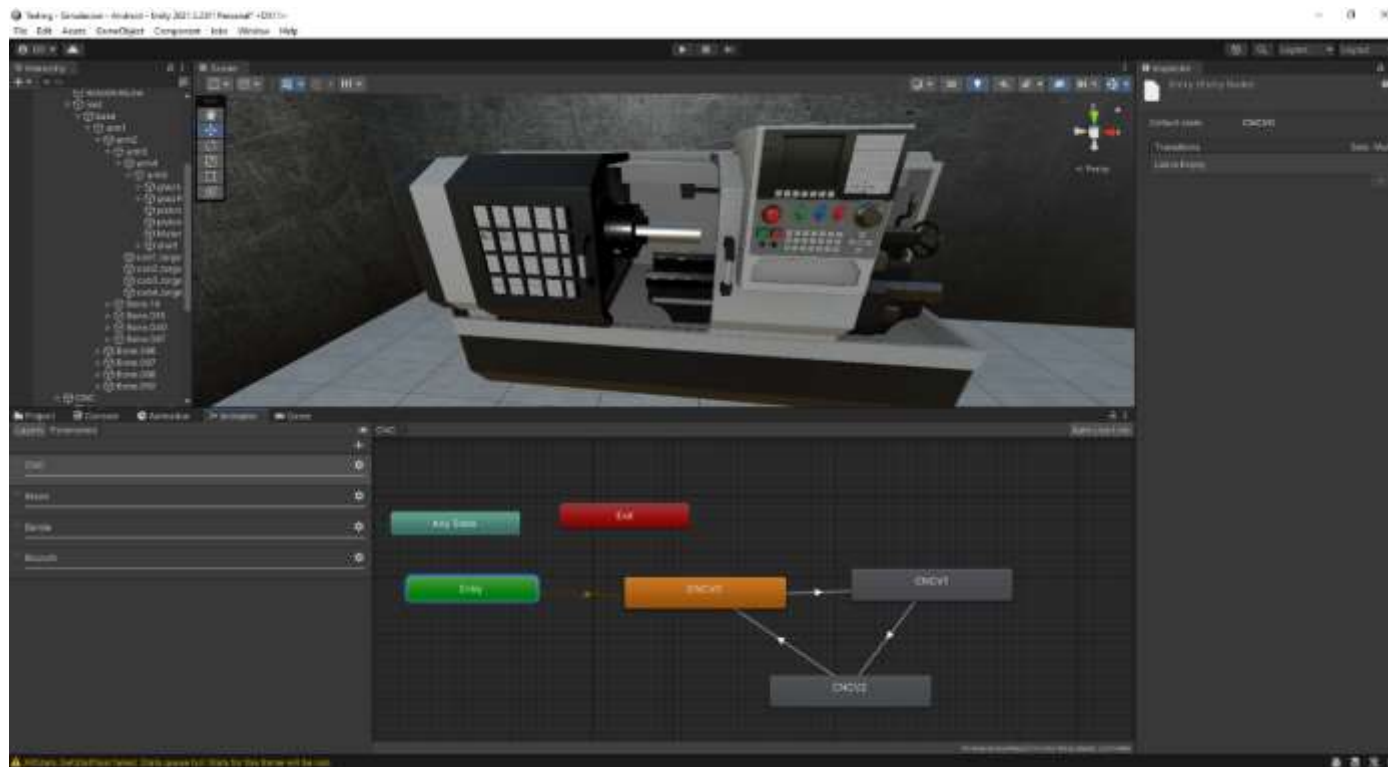
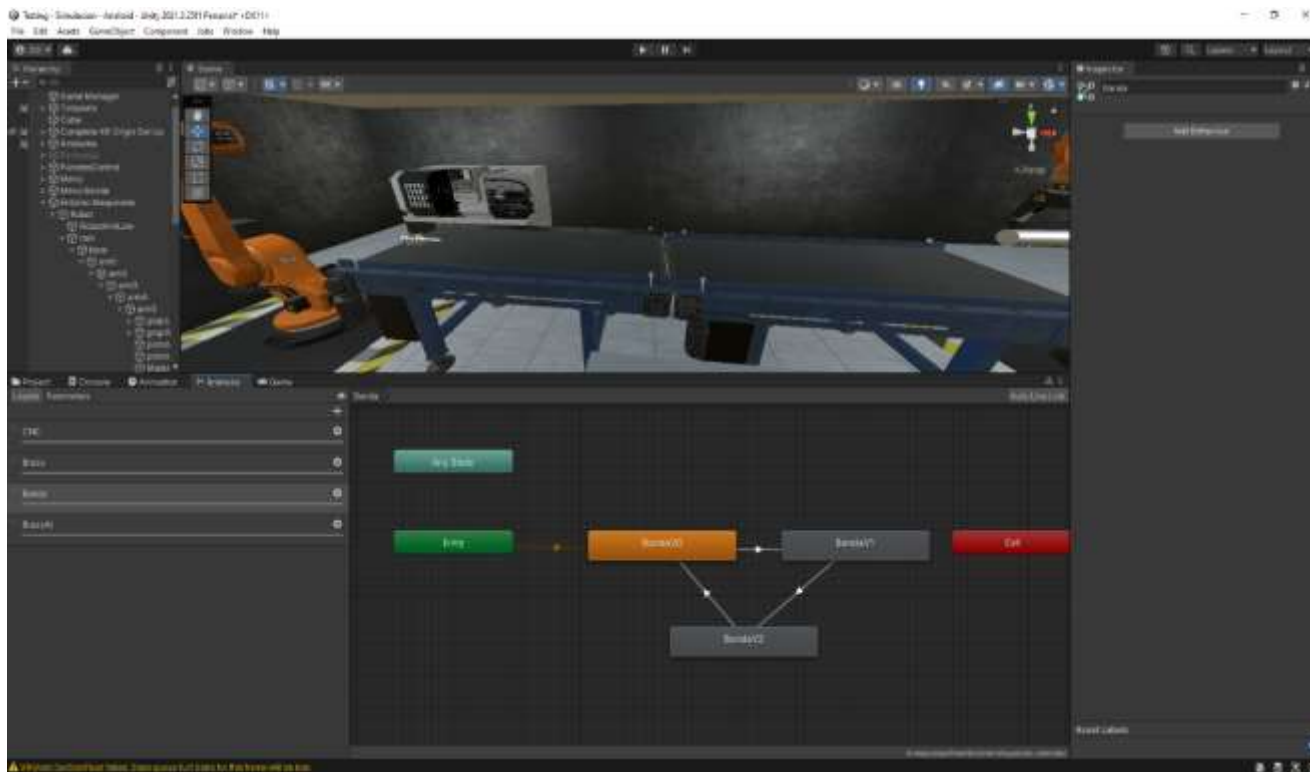


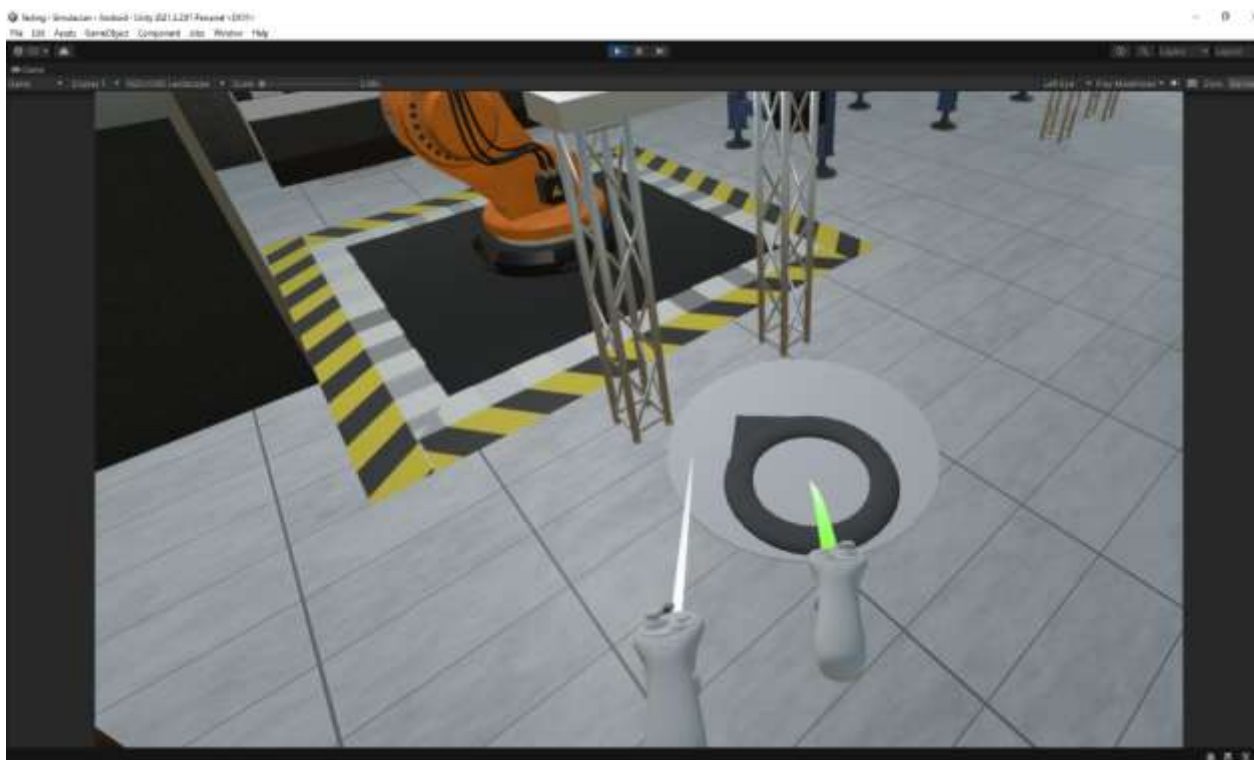
Diagrama de la animación de la banda transportadora



Los resultados de las pruebas de funcionalidad mostraron que el simulador funcionaba de manera óptima, con todos los componentes y sistemas funcionando correctamente. Los sistemas de animación y la interactividad estaban funcionando sin problemas, y el rendimiento en el Oculus Quest 2 era excelente.



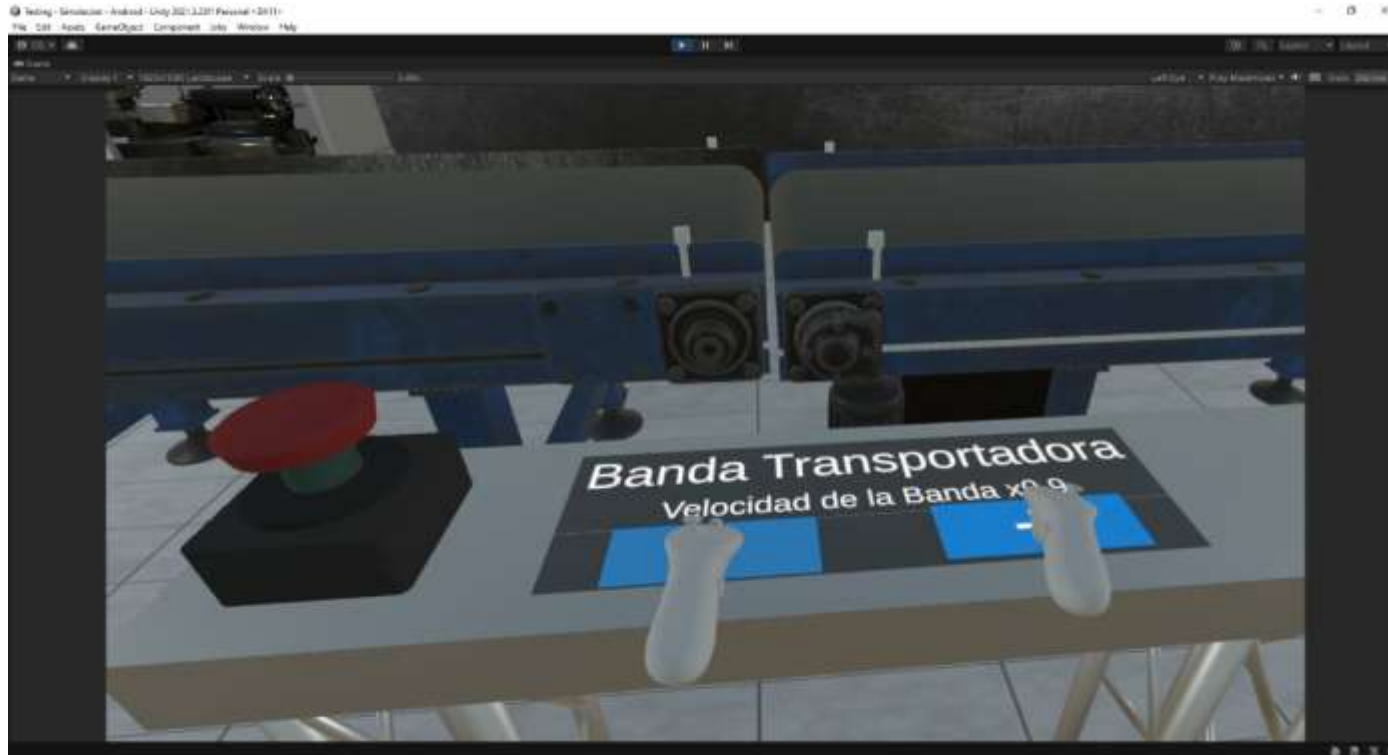
Movimiento dentro del entorno virtual



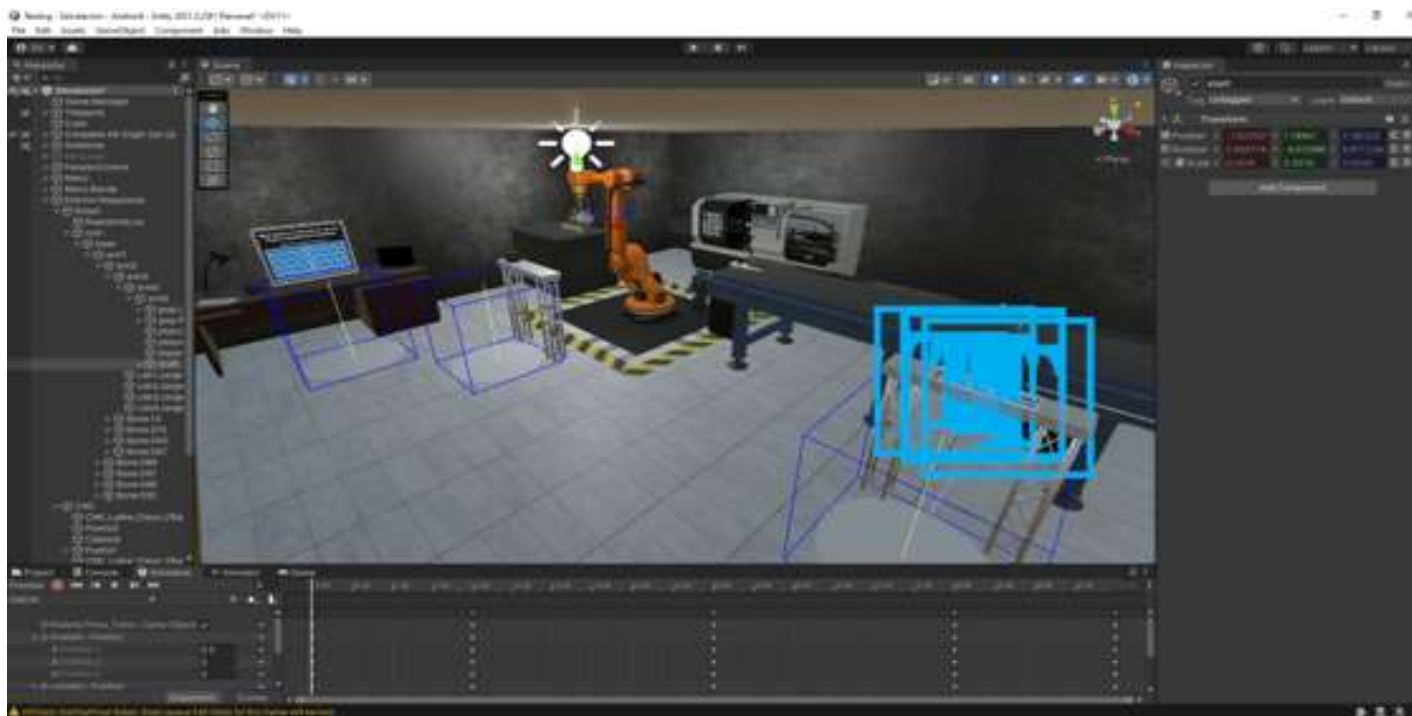
Interacción con los elementos del entorno virtual



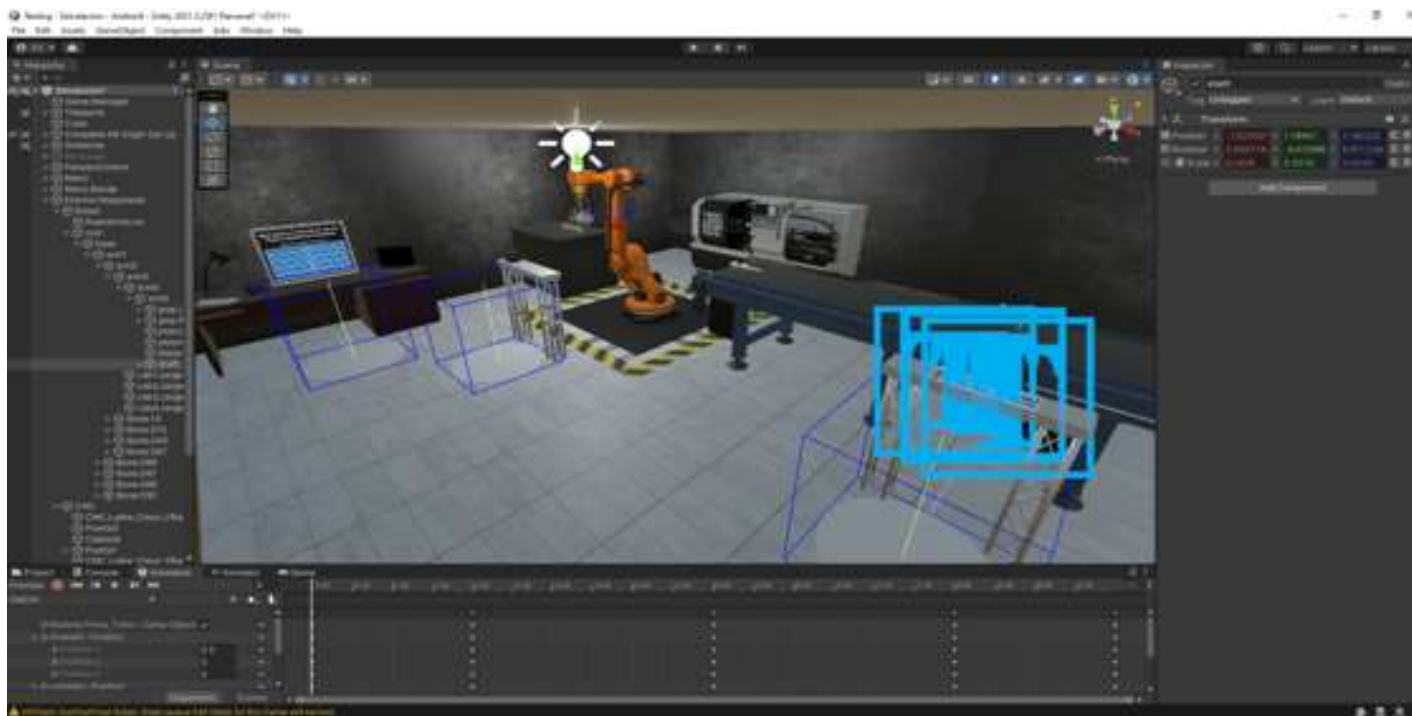
Interacción con la velocidad de la banda transportadora



El menú interactivo, por otro lado, proporciona un acceso intuitivo a las diversas funcionalidades del simulador. Los usuarios pueden, desde este menú, aprender sobre las máquinas y componentes, gestionar tareas asignadas, revisar su progreso y ajustar las configuraciones a sus preferencias individuales.



El menú interactivo, por otro lado, proporciona un acceso intuitivo a las diversas funcionalidades del simulador. Los usuarios pueden, desde este menú, aprender sobre las máquinas y componentes, gestionar tareas asignadas, revisar su progreso y ajustar las configuraciones a sus preferencias individuales.



PRUEBAS EN TERCEROS

Estas pruebas fueron cruciales para garantizar que el simulador no solo sea una herramienta potente para el aprendizaje de la mecatrónica y la automatización industrial, sino que también sea accesible y fácil de usar para todos, independientemente de su nivel de experiencia tecnológica. El objetivo era crear una herramienta de aprendizaje inclusiva que pueda ser manejada intuitivamente, permitiendo a los usuarios centrarse en el contenido educativo y las tareas prácticas, en lugar de luchar con la interfaz y los controles.



Interacción con la etapa de torneado y Test



Interacción con la etapa de almacenaje y programación



TABULACION DE ENCUESTAS

| Entrevistado | 1.A que carrera pertenece | 2.En que semestre o nivel te encuentras | 3.Conoces que es la realidad virtual | 4.Conoces que es un entorno virtual. | 5.Conoces que es una maquina CNC | 6.Conoces que es una Banda Transportadora | 7.Conoces que es brazo robótico | 8.Conoces que es un sistema de almacenamiento y clasificación | 9.Crees que los entornos virtuales facilitan la familiarización con un proceso automatizado de una empresa | 10.Tras probar la simulación de un entorno virtual a través del uso de Oculus Quest cree usted que contribuirá al aprendizaje de una planta industrial automatizada y sus distintos componentes. |
|--------------|---------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|---|--|--|
| 1 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 2 | Mecatrónica | Octavo | No | Si | No | Si | Si | Si | Si | Si |
| 3 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 4 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 5 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 6 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 7 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 8 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 9 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 10 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 11 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 12 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 13 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 14 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 15 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 16 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 17 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |
| 18 | Mecatrónica | Octavo | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si |



Observado

| | Si | No | Total |
|----------------------|----|----|-------|
| Entrevistados | 18 | 0 | 18 |
| Total | 18 | 0 | 18 |
| | 1 | 0 | 1 |

Esperado

| | Si | No | Total |
|----------------------|----|----|-------|
| Entrevistados | 18 | 0 | 18 |
| Total | 18 | 0 | 18 |

Cálculo de Chi Cuadrado

| | Si | No | Total |
|----------------|----|----|-------|
| Muestra | 0 | 0 | 0 |

Todos los entrevistados, por la naturaleza de su carrera, tienen conocimiento y están relacionados con términos tales como CNC, realidad virtual, brazo robótico, entre algunos de los términos mencionados en la encuesta. Para la validación de la hipótesis se ha utilizado como pregunta concluyente: “Tras probar la simulación de un entorno virtual a través del uso de Oculus Quest cree usted que contribuirá al aprendizaje de una planta industrial automatizada y sus distintos componentes”.

CONCLUSIONES



- Uno de los logros significativos fue la exitosa programación de un sistema de visualización interactivo, que exhibe herramientas, materiales, sensores y actuadores con gran detalle. La aplicación de este sistema en un entorno virtual controlado tiene un valor educativo considerable, proporcionando un escenario seguro donde los aprendices pueden experimentar, cometer errores y aprender de ellos.
- La creación de guías de prácticas detalladas, especificando las rutinas necesarias para la operación adecuada de cada máquina, representa un importante recurso pedagógico. Esta guía en conjunto con el manual de usuario, cuales se encuentran en la sección de anexos, al proporcionar instrucciones paso a paso, ayudan a los estudiantes a familiarizarse con la secuencia de operaciones y a entender el flujo de trabajo en cada estación.
- La implementación de hardware Oculus Quest v2.0 ha abierto nuevas posibilidades para la inmersión del usuario. A través de esta tecnología de realidad virtual, se ha conseguido un entorno interactivo y envolvente, proporcionando una experiencia de aprendizaje más enriquecedora que los métodos de enseñanza tradicionales.

- El desarrollo de un simulador de una planta industrial automatizada que permite a los usuarios experimentar la fabricación, el transporte, la clasificación y el almacenamiento de piezas, es un gran aporte pedagógico. Esto permite a los usuarios entender y apreciar los procesos de trabajo de una planta real.
- La integración de las diferentes estaciones de trabajo en un entorno virtual cohesivo ha permitido simular el entorno de trabajo de una planta industrial de forma efectiva. Esta integración aporta una perspectiva global sobre el funcionamiento de una planta y ayuda a entender cómo los diferentes componentes y procesos interactúan y dependen entre sí.
- Se ha demostrado la capacidad de implementar distintas configuraciones controladas en un entorno virtual, adaptándose a las necesidades específicas del usuario. Esto brinda una experiencia de aprendizaje personalizada, optimizando la comprensión y el desarrollo de habilidades en el ámbito de la mecatrónica.

GRACIAS

