

4 Validación experimental

Este capítulo presenta la validación experimental del sistema D-SENSO a través de un conjunto de escenarios. El resto del capítulo está organizado de la siguiente manera. Las secciones 4.1 a 4.2 se plantean diversos escenarios para la validación del software. Presentan dos casos de la vida cotidiana en las que el software puede servirnos de ayuda, la primera es un invernadero de tulipanes, pero puede usarse para diferentes tipos de plantas y flores. El segundo caso que presentamos es una zona militar donde generalmente los países involucrados ponen en riesgo el futuro de su economía y estabilidad social, y hoy en día se trata de sacar cierto tipo de ventaja utilizando la tecnología, no por algo grandes agencias militares gastan millones de dólares para saber aprovechar las herramientas que les puedan ayudar a ganar o solucionar un conflicto bélico. Finalmente, la sección 4.3 concluye el capítulo y discute algunas limitaciones del sistema y perspectivas de implementación.

4.1 Invernadero

Los invernaderos desempeñan un papel cada vez más importante en la horticultura, para resolver necesidades de desarrollo y economía que el mundo necesita. Uno de los mayores problemas que presenta un invernadero es manejar el ambiente en él. Las dos variables que pueden afectar el ambiente en el invernadero, son la temperatura y la luz, ya que si no se controlan estas variables disminuye la calidad y la producción de un invernadero, y a su vez disminuye la rentabilidad de éste.



Para tomates por ejemplo, la temperatura a la que esté sometido el fruto, afecta tanto a la duración de éste como al color del tomate. También la vida útil del fruto se ve muy afectada por la temperatura de éste. Si la temperatura del fruto es demasiado alta, el fruto tendrá menos firmeza. La luz es esencial para el buen funcionamiento de la planta, pero hace elevar también la temperatura del invernadero, por lo que se debe controlar este factor también

A través del diseño de una red de sensores dentro del invernadero, se produce la automatización del proceso de control del microclima al interior del invernadero. La automatización proporciona entre otras utilidades un mecanismo que permite interactuar con el invernadero sin necesidad de operar manualmente los sensores en terreno, es decir estos sensores monitorean y dan un seguimiento permanente del microclima y sondan los cambios que se despliegan en el invernadero.

En el trabajo de monitoreo del microclima de un invernadero o del ambiente que lo imita, básicamente se controlan 2 variables que dependen para la optimización de la producción. Los sensores que leen la temperatura y luz dentro de un invernadero, producen valores de tipo flotante

Variable	Definición	Actores	Unidad de medición
Temperatura	Grado térmico de los cuerpos en el ambiente	Ventiladores, focos, los que disminuyen la temperatura, los que aumentan la temperatura	Grados centígrados
Luminosidad	Agente físico que hace visible los objetos	Focos y filtración de luz solar	% de luz



Como se observa en la Figura 4.2 consideramos la construcción de una nave de estructura de madera de 90 metros de ancho y 120 metros de largo, con cubierta de polietileno, en total una superficie de 10800 metros cuadrados.

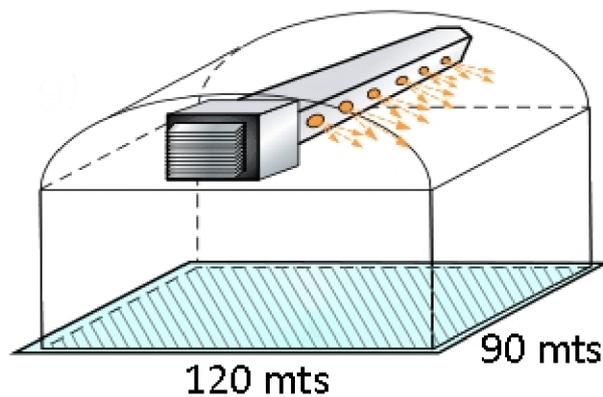


Figura 4.1 Estructura del invernadero

En el invernadero se producen 2000 tulipanes a razón de 5 tulipanes por metro cuadrado, el terreno del invernadero es regular, es decir tiene la misma altura en todas sus partes. El tipo de sensor con el que diseñaremos la red, será únicamente de intensidad de luz, dentro de invernadero se posicionarán 20 sensores de este tipo. En la Figura 4.3 mostramos la simulación del invernadero y de la configuración de la red de sensores. Podemos observar que se forman 6 *clusters* diferentes en la red.

No. Cluster	Sensores que lo conforman
1	1, 2, 3, 4
2	12, 14, 20, 15
3	19, 17
4	11, 13, 9, 10
5	16, 18
6	5, 6, 7, 8



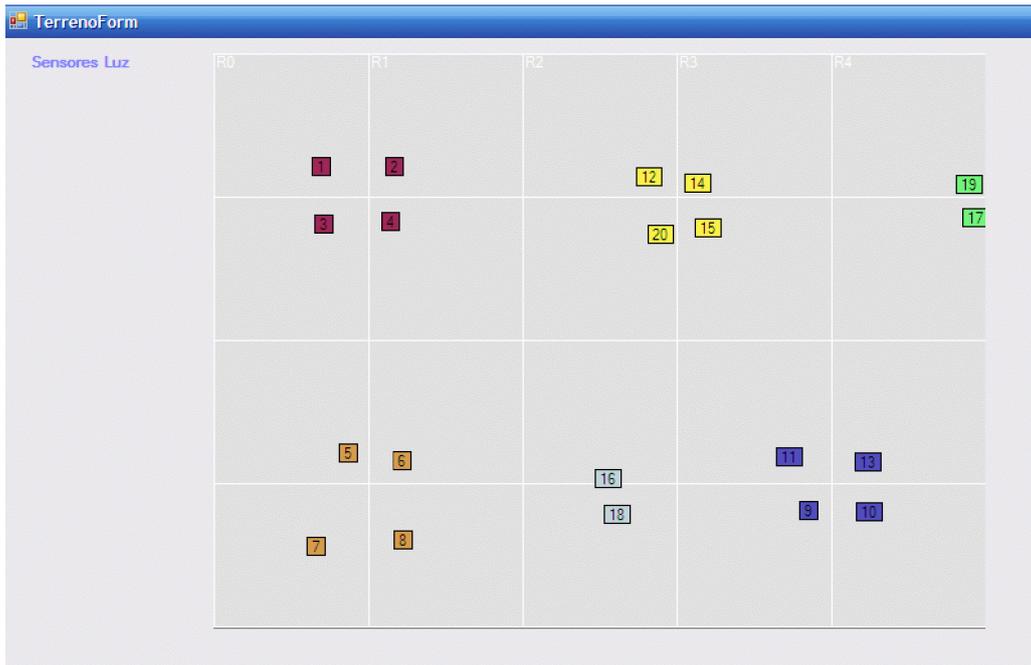


Figura 4.2 Caso base de simulación del invernadero

Como podemos observar se forma una cantidad excesiva de *clusters*, lo que afecta la parte lógica de la red, ya que habría interferencia entre los *clusters* para transmitir los datos al *sink* y a su vez esto afecta en la eficiencia y fiabilidad de los datos en la red.

Con el software D-SENSO proponemos una mejora al diseño de la red para el invernadero. En la figura 4.4 podemos ver el diseño propuesto en la que reducimos el número de *clusters* a tan solo 3 y también nos ahorramos costos reduciendo el número de sensores de 20 a 17. Con esto tenemos todo el invernadero monitoreado a un menor costo.

No. Cluster	Sensores que lo conforman
1	1, 9, 10, 7, 8, 20
2	2, 3, 4, 5, 6, 18, 19
3	11, 12, 13, 14



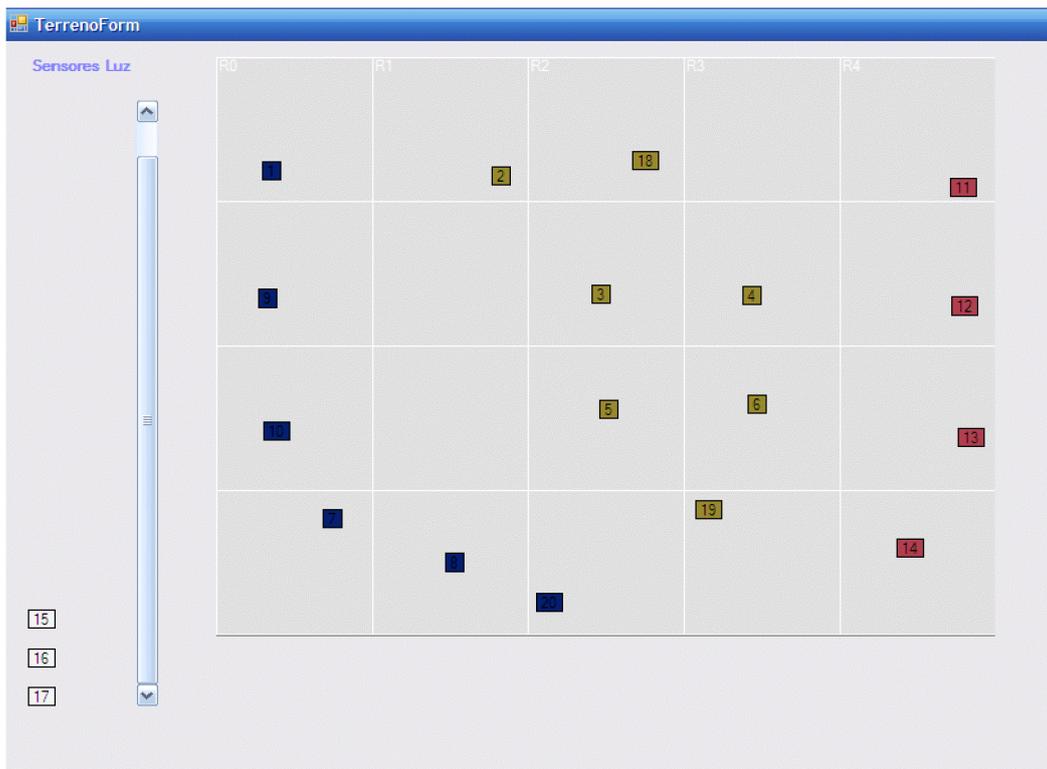


Figura 4.3 Solución alterna al caso base

Con nuestro software de ayuda podemos proponer diferentes diseños en la red, sin la necesidad de hacerlo físicamente en el invernadero, lo cual nos ocuparía tiempo y por lo mismo, el costo se incrementa

En la figura 4.5 podemos observar una solución alterna, en la cual se forman 2 grandes *clusters* en la red, con la diferencia de que se ocupan los 20 sensores, con esto la fiabilidad de la red es superior pero no se reducen costos en lo que respecta a los dispositivos, en este caso los sensores.

No. Cluster	Sensores que lo conforman
1	1, 2,3, 4,5,6,7,8,19,20
2	9,10,11,12,13,14,15,16,17,18



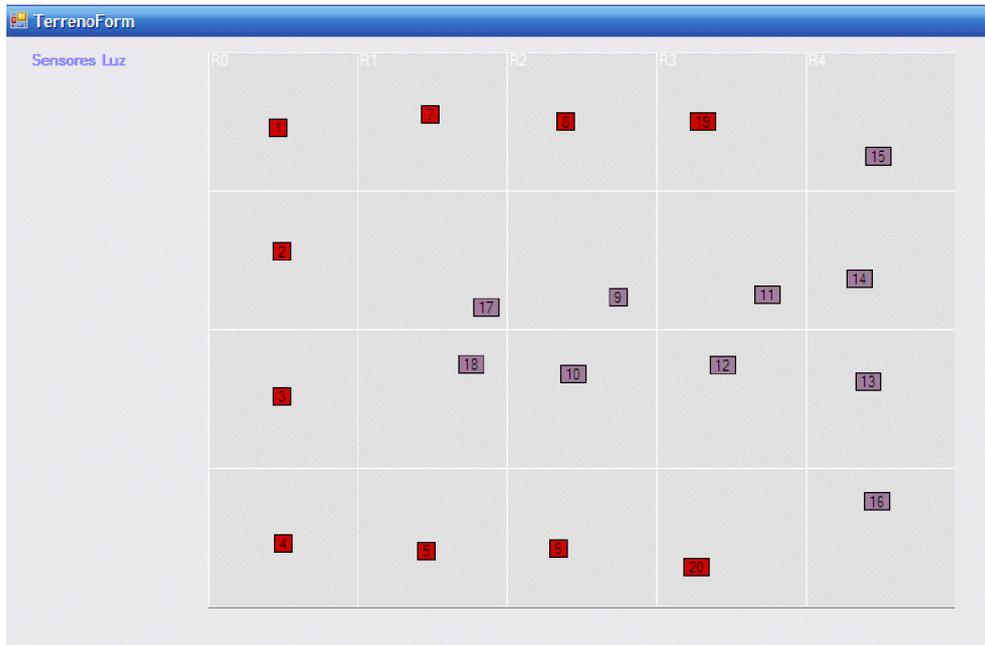


Figura 4.4 Segunda solución al caso base

4.2 Guerra

Los usos militares de la tecnología inalámbrica son sorprendentes. Por ejemplo, los pilotos de combate pueden volar sobre una zona de guerra y lanzar miles de pequeños sensores inalámbricos, del tamaño de una canica y con un costo mínimo cada uno. Tan pronto como llegan al suelo, estos dispositivos comienzan a comunicarse entre sí y forman una red digital capaz de captar las vibraciones y el sonido que produce el avance de tropas. También pueden detectar la presencia de agentes radiactivos, químicos o biológicos y enviar esa información a un satélite. Para operar, obtienen energía del sol.

Los usos civiles son igualmente impresionantes. Guardias forestales pueden dejar caer los sensores desde un aeroplano para detectar incendios, mostrar su localización exacta y la dirección y velocidad con que se propagan las llamas.



Variable	Definición	Actores	Unidad de medición
Vibración	Propagación de ondas elásticas que producen deformaciones y tensiones sobre un medio continuo	Vehículos de guerra y tropas	Frecuencia
Sonido	Movimiento ondulatorio en el aire debido a cambios rápidos de presión, generados por el movimiento vibratorio de un cuerpo sonoro.	Vehículos de guerra y tropas	Frecuencia

Como se observa en la Figura 4.6 consideramos un terreno irregular de 140 metros de ancho por 170 de largo.



Figura 4.5 Terreno irregular de un campo de batalla



El terreno que presentamos es irregular, como se puede ver en la figura 4.7 identificamos 3 diferentes alturas en el, las cuales se representaran en software con diferentes colores.

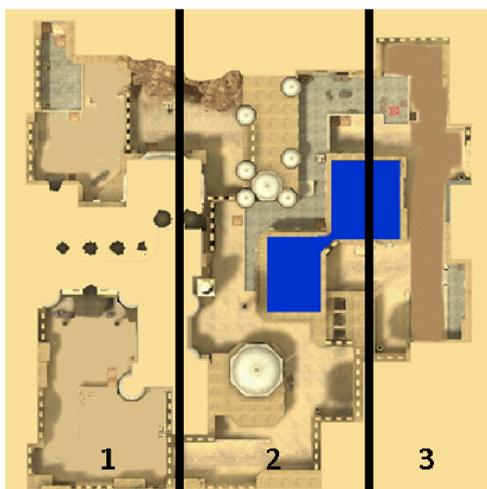


Figura 4.6 División del terreno respecto a sus alturas

El tipo de sensor con el que diseñaremos la red, será únicamente de vibración, en el terreno se posicionarán 50 sensores de ese tipo, las 3 diferentes alturas están representadas con las rebanadas que forman el terreno.

En la Figura 4.8 mostramos la simulación del terreno y de la configuración de la red de sensores. Podemos observar que se forman 5 clusters diferentes y quedan aislados 3 sensores en la red.

No. Cluster	Sensores que lo conforman	No. Rebanada
1	8,9,10,24,23,22,5,7,15,2,25,31,30,28,14,16,26,32,,1 9,21,29	1,2,3,4,5,6,7 8
2	17,27,33,20,18	0,1,2,3,4
3	11,12,34	0,0
4	13,6	0,1
5	36,35,38,37,45,42,4,39,46,43,41,40,48,47,44,49	2,3,5,6,7
-	1	0



-	3	0
-	50	8

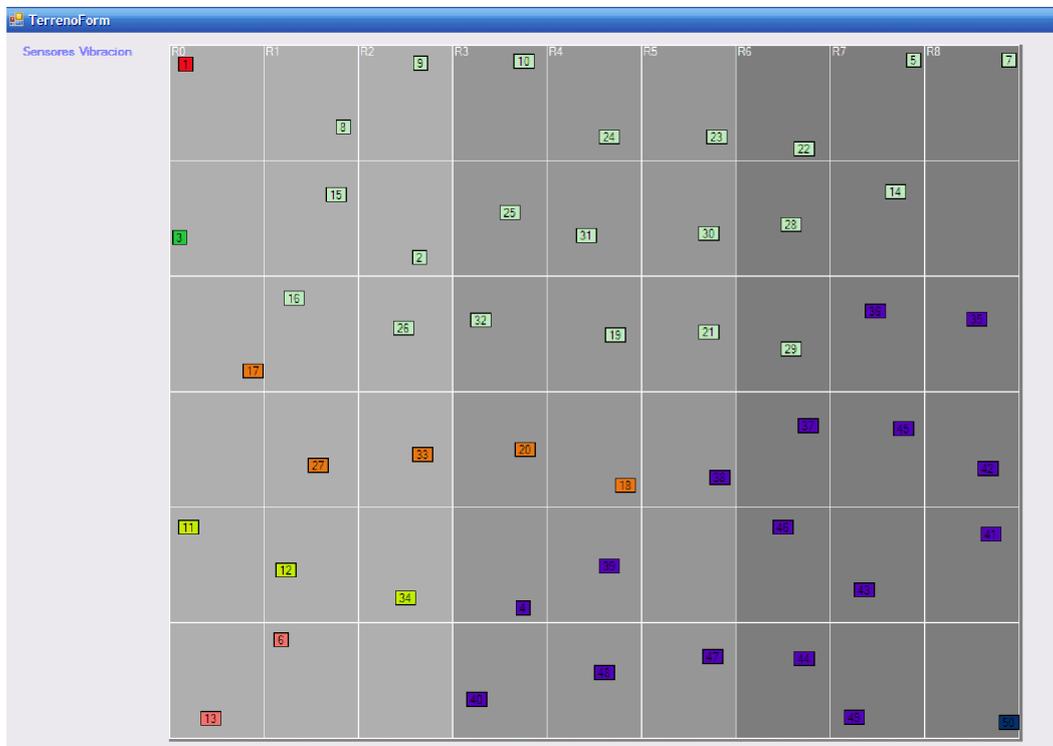


Figura 4.7 Muestra de clusters formados en la red

Proponemos otro diseño a la red, con esto podemos ver en la figura 4.9 que son 60 sensores los que forman la red, con 4 clusters y solo un sensor queda aislado

No. Cluster	Sensores que lo conforman	No. Rebanada
1	50,3,7,48,2	0,1,2,3
2	1,8,9,10,11,14	0,1,2,3,4,5
3	51,4,15,18,25,19,20,21,32	0,1,2,3,4,5,6,7
4	57,58,59,30,31,37,38,44,45,29,33,36,40,39,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,52,47,5,6,13,17,24,28,35,41,53,54	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
-	49	0



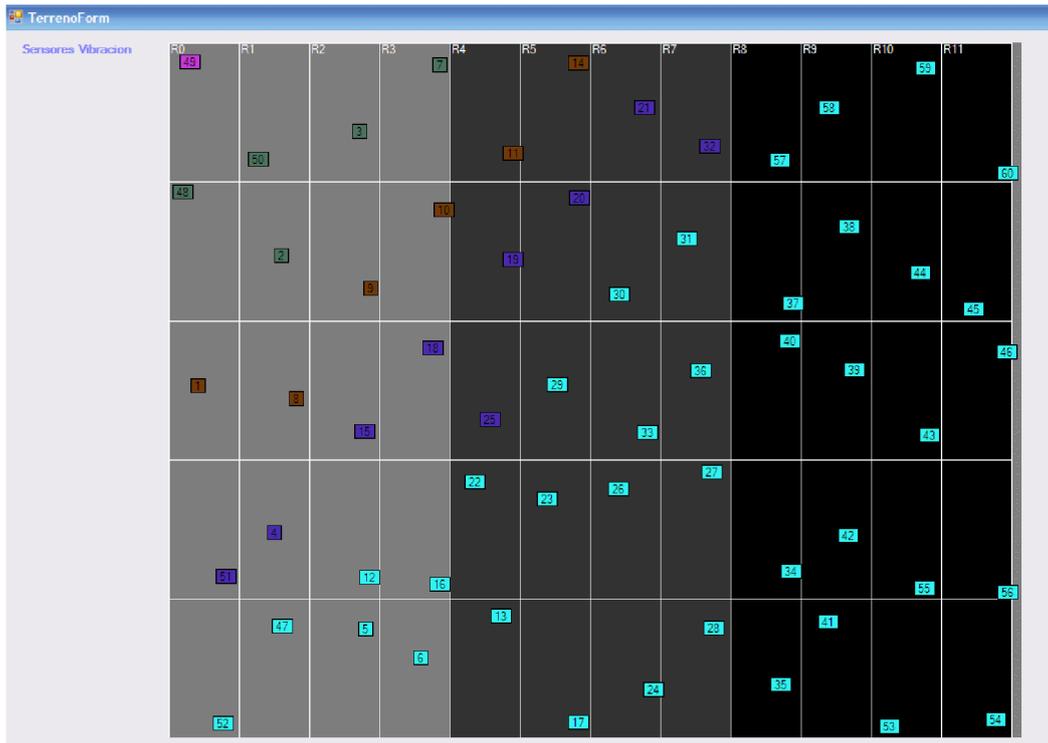


Figura 4.8 Diseño de la red propuesto

Podemos observar que este último diseño es mejor que el que se presentó inicialmente, ya que cuenta con menos *clusters* y uno de ellos tiene 40 sensores fuertemente conectados entre sí, lo cual nos permite tener una mejor perspectiva de cómo funciona la red, y podemos recolectar datos más exactos. Otro factor a favor de este diseño es que solo existe un sensor aislado y no tiene injerencia en el funcionamiento de la red.

4.3 Conclusiones

Este capítulo presentó la validación experimental del sistema D-Senso. La validación se realizó sobre dos escenarios representativos de dos características de redes de sensores. El escenario de invernadero, donde el terreno es homogéneo, y donde se tiene control de los



sensores que constituyen la red. El escenario de guerra permitió validar al sistema en el diseño de una red con un gran número de sensores que se forma en terrenos accidentados y donde no se tiene control sobre la red. En ambos casos probamos tres casos uno simple para mostrar más la representación del terreno que una red muy compleja, y los otros dos donde hay gran cantidad de sensores y donde la identificación de clusters es más compleja.

